LIII. — N° 11 1946

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910)
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923). — Louis MANGIN (1924-1937). — R. ANTHONY (1938-1942)

Sommaire

(*Suite page 2*)

Gaston DOIN & Cie, Éditeurs
8, Place de l'Odéon, PARIS (6e)

Adresser tout ce qui concerne la rédaction au Docteur Gaston DOIN, 8, place de l'Odéon, Paris 6e

TARIF DE L'ABONNEMENT 1947

France, Colonies et territoires sous mandat. Monaco .... **456** fran
(Baisse autorisée comprise)

Etranger .... **650** fran

Envoyer les mandats, chèques sur Paris et chèques postaux (compte Paris 562502 à **S.E.D.E.S.**
99, boulevard St-Michel, PARIS-Ve

CHANGEMENT D'ADRESSE

Il ne sera tenu compte désormais que des changements d'adresse accompagnés de la dernière ban
et de la somme de cinq francs en timbres-poste pour la France
et de dix francs en coupon international pour l'Etranger

En raison des restrictions imposées à la consommation du papier, la concision est recommandée aux Auteurs dans la rédaction de leurs articles

Nous avons le plaisir d'informer nos lecteurs et correspondants
QU'A PARTIR DU No 1 DE 1947

La Revue Générale des Sciences sera publiée par une maison d'édition spécialisée dans la publication des livres d'enseignement supérieur

S. E. D. E. S.
Société d'Edition d'Enseignement Supérieur
99, boulevard Saint-Michel - PARIS Ve

III. — SOCIÉTÉS SAVANTES

Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris.

N° 11 1946

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1920).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937), R. ANTONY (1937-1941).
J. VILLEY (1941)

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Dr Gaston DOIN,
8, Place de l'Odéon, Paris (VIe)

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

Léon Guillet

La mort de M. Léon Guillet, en même temps qu'elle mettait en deuil la Science et la Technique françaises, a privé la Revue Générale des Sciences d'un des membres les plus actifs et les plus dévoués de son Comité de Rédaction.

Nous ne saurions rendre un meilleur hommage à sa mémoire qu'en reproduisant ici le discours qui a été prononcé à ses funérailles par M. Pierre Chevenard, au nom de l'Académie des Sciences :

« La mort quasi subite de Léon Guillet, dont l'âge avait respecté la vigueur physique et intellectuelle, a frappé d'une stupeur douloureuse ses confrères, ses camarades, ses élèves, ses amis. Elle interrompt une carrière exceptionnellement active, riche en résultats et qui semblait encore pleine de promesses. Appelé selon la règle de l'âge à parler au nom de l'Académie des Sciences, qui l'avait accueilli, en 1925, dans la Section des applications de la science à l'industrie, je désire m'associer à l'hommage rendu à sa mémoire en évoquant, de manière brève, le savant, le professeur et l'animateur.

« Peu après sa sortie de l'Ecole centrale, en 1897, Léon Guillet est appelé à diriger le laboratoire des usines de Dion. Ses chefs se préoccupent de vivifier la jeune industrie automobile par l'emploi des aciers et des alliages spéciaux, alors en plein développement. Ils l'invitent — largeur de vue exceptionnelle à l'époque — à mener de front son travail à l'usine et des recherches scientifiques. C'est ainsi qu'en préparant une thèse de doctorat, il découvre des combinaisons définies formées par l'aluminium avec divers métaux, et dont quelques-unes ont la singulière propriété de tomber spontanément en poussière.

« Puis, un incident de fabrication, qu'il aimait à rappeler, le conduit à classer les aciers spéciaux d'après leur structure. Il commence par les aciers au nickel, et c'est une des fiertés de la Société à laquelle j'appartiens de lui avoir procuré, en même temps qu'à Ch.-Ed. Guillaume, ses premiers matériaux d'étude. Ses recherches s'étendent à d'autres aciers spéciaux et il en traduit les résultats par ses diagrammes bien connus : les « diagrammes de Guillet » constituent son œuvre de prédilection, celle qui a le plus contribué à sa notoriété. Après les aciers, les alliages de cuivre retiennent son attention, notamment les bronzes d'aluminium résistant à l'usure. Il entreprend l'étude systématique des bronzes d'étain et des laitons additionnés d'un troisième élément, se préoccupe de caractériser quantitativement l'influence de cette addition sur la structure et les propriétés et il y parvient par son coefficient d'équivalence, notion étendue par la suite à d'autres alliages. Il s'attaque également à la cémentation. Puis il se consacre aux traitements thermiques, soit dans l'ordre pratique quand il organise la trempe des projectiles durant la guerre 1914-18, soit dans l'ordre théorique quand il s'efforce de généraliser aux alliages de cuivre et aux alliages légers les

conclusions fournies par les recherches sur la trempe des aciers. En montrant avec M. Portevin que l'adoucissement d'un acier trempé, par revenu au-dessous de 400°, obéit aux mêmes lois, en fonction de la température et de la durée, que la coloration par oxydation superficielle, il se révèle précurseur des recherches actuelles sur les réactions d'instabilité.

« Car Léon Guillet fut surtout un pionnier, ouvrant de larges avenues dans les champs neufs de la métallographie et laissant à d'autres le soin de les explorer en détail. Il a fait chercher plus encore qu'il n'a cherché lui-même. Comme l'éminent et regretté Ch. Fabry, il eût pu dire qu'il ne concevait pas la recherche sans l'enseignement. Comment celui qui trouve résisterait-il à l'envie de faire partager sa joie de connaître ? Comment celui qui réalise n'éprouverait-il pas le besoin de se multiplier en animant des collaborateurs ? Léon Guillet fut un professeur né. Il enseigna d'abord au Conservatoire national des Arts et Métiers, puis à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures. Orateur puissant, à la parole claire et convaincante, il domine les auditoires jeunes, volontiers turbulents, les captive, les entraîne. Ses élèves sont destinés à occuper les postes les plus variés de l'industrie : praticiens, ingénieurs, chercheurs de laboratoire, administrateurs ; à tous, il inculquera la conviction que l'imprégnation scientifique de l'industrie est la condition de ses progrès techniques. C'est probablement parce qu'il mesurait les résultats de cet apostolat que H. Le Chatelier a pu écrire : « En créant la Section des applications de la science à l'industrie, le but de l'Académie a été d'orienter la collaboration de la science et de l'industrie : aucun des candidats à cette Section n'a aussi complètement répondu à ce but que M. Guillet. »

« Les élèves qui se pressaient aux amphithéâtres du Conservatoire et de l'Ecole centrale n'ont pas seuls bénéficié de son enseignement. Doué d'une rare puissance de travail, « écrivain vigoureux et abondant » a pu écrire son ami Sauveur, il a travaillé puissamment à la diffusion de la métallurgie scientifique par ses importants traités, par ses nombreux mémoires, par la *Revue de Métallurgie* surtout.

« Il savait susciter les vocations, organiser le travail en équipe. Osmond et Le Chatelier, pionniers de la métallographie française, ont été des travailleurs individuels. Le laboratoire des usines de Dion, groupant une vingtaine de personnes, est peut-être le premier exemple, en France, d'un laboratoire conçu selon les méthodes de la division du travail familières aux industriels. Et une semblable conception se retrouve dans l'organisation des laboratoires de la Bonneville, d'Allevard, de Denain, des usines Citroën, etc... Inimitable dans l'organisation des congrès, des semaines et des journées scientifiques, il a su faire connaître les découvertes métallurgiques faites dans notre Pays. Il a été ainsi un bon ambassadeur de la pensée française.

« Mais le chercheur, l'érudit, le professeur, l'apôtre infatigable de l'imprégnation scientifique de l'industrie, ce n'est pas tout Léon Guillet. Il conviendrait aussi d'évoquer l'Homme, le Français, le Chrétien, car, chez lui, le besoin de se dévouer était aussi impérieux que le désir de connaître et la passion d'enseigner. Le privilège en appartient à une voix plus qualifiée et plus éloquente. Qu'il me soit cependant permis de dire quel prix j'attachais à son amitié. Sans autre titre à sa bienveillance que ma ferveur scientifique, j'ai bénéficié de son appui constant. Jamais je n'oublierai l'accueil accordé à mon premier mémoire sur les aciers au nickel, timidement proposé en 1914 à la *Revue de Métallurgie* : les encouragements de Léon Guillet furent alors un des facteurs de l'orientation scientifique de ma carrière. Et j'ai reçu depuis tant d'autres preuves d'amitié !

Puisse Madame Guillet, devant qui je m'incline avec respect, puisse toute sa famille trouver un apaisement à leur douleur dans la certitude que Léon Guillet ne meurt pas tout entier. Lancée par un moteur de cette puissance, servie par des continuateurs fervents, son œuvre ne cessera de se développer et son souvenir restera vivant dans la mémoire de ceux qui l'ont approché, qui l'ont connu, qui l'ont aimé. »

Pierre CHEVENARD,
membre de l'Académie des Sciences.

C.-U Ariëns Kappers

1877-1946

La science anatomique vient de subir une perte considérable — on pourrait dire irréparable pour longtemps — en la personne du Professeur C.-U. Ariëns Kappers, décédé le 28 juillet dernier, à Amsterdam, à l'âge de 69 ans.

Ariëns Kappers se sentit attiré dès sa jeunesse vers une tâche immense, qu'il entreprit, malgré des conditions matérielles souvent difficiles, avec un enthousiasme et une ténacité admirables, et à laquelle il voua toute sa carrière. Son œuvre entière porte sur l'anatomie comparée, macroscopique et microscopique, du Système Nerveux. Son premier travail, relatif à « *L'Origine des gaînes de*

nyéline et de la gaîne de Schwann autour des fibres ıerveuses périphériques », le fit immédiatement emarquer. Peu après, sa thèse de doctorat en nédecine (1904), consacrée aux « *Voies et Centres Nerveux de l'Encéphale des Téléostéens et des Séaciens* », jetait les bases, devenues classiques, de a connaissance de l'hypothalamus. Elle révélait, le la part de son auteur, des aptitudes vraiment exceptionnelles, qui lui ouvrirent les portes du aboratoire du Professeur Edinger, à Francfort-ur-le-Mein. C'est là qu'en examinant les noyaux les nerfs périphériques, Kappers entrevit pour la oremière fois le principe qu'il devait élaborer plus ard sous le nom de « *neurobiotaxie* ». La croissance les fibres nerveuses motrices serait orientée suivant la direction des excitations les plus nomoreuses. Les excitations règleraient ainsi les rapoorts réciproques des centres nerveux, en occaionnant une véritable migration des cellules nerveuses ; à mesure que l'on remonte la série aninale, la situation des noyaux moteurs varie en ffet dans de telles conditions que ces éléments oaraissent « *danser un quadrille* » autour des noyaux ensoriels et végétatifs. Les organes qui sont d'ordiıaire excités simultanément tendraient à se raporocher ; les ganglions en échelle des Annélides t le chiasma optique, pour prendre deux exemples, e formeraient par ce processus.

En 1908, âgé seulement de trente ans, Ariëns Kappers fut choisi, à l'unanimité des suffrages, oour diriger l'Institut Central Hollandais pour 'étude du Système Nerveux, nouvellement fondé Amsterdam. Il constitua des Collections qui se lassèrent bien vite parmi les plus importantes au nonde. Puis au XVII[e] Congrès de Médecine à Londres (1913), il exposa les résultats d'un travail préliminaire, demeuré célèbre par la somme le connaissances et la pénétration d'esprit dont l y fit preuve, sur « *Les localisations cérébrales et la signification des anfractuosités* ». Cette œuvre contient le tableau des scissures et des sillons qui coïncident avec les limites des aires corticales ; les homologies de ces anfractuosités sont envisagées et, par voie de conséquence, leur déterminisme dans la série des Mammifères. Il est assez piquant de remarquer qu'en France, à la même époque, deux jeunes hommes de science, R. Anthony et A.-S. de Santa Maria, préoccupés de leur côté par des problèmes identiques, présentaient sur le lobe frontal et les phénomènes d'involution du territoire de l'insula, des observations rejoignant parfois celles de l'anatomiste hollandais.

Quelques années plus tard, au lendemain de la première guerre mondiale, Kappers faisait paraître l'ensemble de ses recherches sur le Système Nerveux Central des Vertébrés, soit seul, soit en collaboration avec le D[r] Droogleever Fortuyn (1). Cet ouvrage lui valut une renommée universelle. Il fut remanié à différentes reprises et traduit en plusieurs langues — la dernière version, française, est actuellement sous presse. Une pléiade de chercheurs étrangers, voulant bénéficier des leçons du Maître, ne tarda pas à affluer à Amsterdam. Kappers sut captiver ses auditeurs par son enseignement et ses méthodes. Dans l'univers entier il compte à présent des disciples et des admirateurs.

Cependant, désireux de voyager, Kappers accepta successivement deux chaires provisoires, en Chine (1924), puis en Syrie (1929). Il y eut l'occasion de rassembler et de comparer de nombreux cerveaux humains de races différentes. A son retour, il devait désormais consacrer presque toute son activité à l'Anthropologie physique, et y déployer ses brillantes qualités.

Depuis de nombreuses années, Ariëns Kappers était Membre de l'Académie Royale des Sciences de son pays et Président de l'Association de Psychiatrie et de Neurologie Hollandaise. Bien des Sociétés scientifiques étrangères de Neurologie, de Psychiatrie et d'Anthropologie lui offrirent la qualité de Membre honoraire ou correspondant. Tous les chercheurs français s'intéressant au Système Nerveux, et spécialement ceux qui ont mené des recherches parallèles à celles de C.-U. Ariëns Kappers sous l'impulsion du regretté Professeur R. Anthony, prendront certainement une part très grande au deuil qui frappe si douloureusement les anatomistes de Hollande.

J. ANTHONY,

Laboratoire d'Anatomie Comparée du Muséum.

(1) a) « *Die histologischen Elemente und deren Anordnung im Nervensystem* » ;
b) « *Die vergleichende Anatomie des Rückenmarkes und der Oblongata* » ;
c) « *Die vergleichende Anatomie des Kleinhirns, des Mittelhirns, Zwischenhirns und Vorderhirns* ».

La Lutte et l'Entr'aide

2e PARTIE

Non seulement ces facteurs ne sont pas contradictoires, ils sont complémentaires

On serait aisément tenté de mettre en opposition tranchée les deux facteurs considérés et en même temps les deux savants et philosophes qui les ont plus instamment invoqués.

Darwin et Kropotkine : ce n'est pas un chapitre à ajouter aux nombreuses *Vies parallèles.*

Ch. Darwin et P. Kropotkine sont l'un et l'autre

excellemment des hommes représentatifs ; mais on pourrait soutenir sans paradoxe que l'œuvre du premier est celle d'un homme plus étroitement lié à son milieu. Pour que soit bien comprise sa *théorie* (10), la biographie de Ch. Darwin, intéressante en elle-même, doit être connue. Aussi faut-il savoir gré à Marcel Prenant de l'avoir retracée d'une plume alerte (11). Il nous montre ainsi l'évolution d'un homme et de son esprit, d'un homme dont la vie matérielle et sentimentale fut celle d'un grand bourgeois anglais et dont toute la vie intellectuelle est celle d'un vrai révolutionnaire.

Ch. Darwin, fils et petit-fils de médecins perspicaces, avait, comme on dit, de qui tenir. Son grand-père paternel Erasme peut passer, presque aussi justement que Buffon, pour un de ses précurseurs (12). Son père lui a légué des qualités d'observateur et, avec une fortune suffisante pour le « mettre à l'abri des préoccupations matérielles », les qualités voulues pour la faire valoir. Ch. Darwin *peut* attendre ; c'est un savant véritable et honnête ; il n'est pas atteint de cette infirmité mentale, l'arrivisme ; M. Prenant parle d'une expérience commencée en 1842 et terminée en 1871. Bien sûr, il avait, comme tout un chacun, ses servitudes, il avait une préférence patriotique pour les idées « made in Great-Britain » ; il admirait exagérément Malthus et mit longtemps à comprendre Lamarck et à lui rendre justice (13). Successivement sujet de Georges IV et de Victoria, il n'eut pas à connaître, heureusement pour lui et pour la science, les autorités françaises, dominées par celle du baron Cuvier.

Il vécut et travailla, comme le montre fort bien M. Prenant, dans les circonstances les plus favorables à la formation, à l'élaboration et même à la publication de sa théorie. Peut-être de ces circonstances la plus importante est-elle le voyage qu'il fit de 1831 à 1836 à bord du *Beagle*, autour de l'Amérique du Sud et de l'Océan Pacifique. Bonne fortune exceptionnelle pour ce voyageur exceptionnel, véritable naturaliste (14). Pour en caractériser la portée, j'emprunterai *à peu près* les termes qu'emploie M. Prenant : « A aucun degré... Darwin n'est un révolutionnaire... Ce qui en aura fait un malgré lui, ç'aura été le voyage du *Beagle*. »

Il faut insister sur ce « malgré lui » : c'est une des explications du long retard apporté à l'apparition de l'ouvrage capital, l'*Origine des Espèces*. Il y a un siècle, il était révolutionnaire de parler ouvertement de la transformation des espèces vivantes.

Darwin fit cette révolution intellectuelle, grâce à ses éminentes qualités et à l'opportunité de l'époque, et ce fut une réussite ; car il faut, ainsi que le dit Woodruff (15) « que l'homme et le moment conviennent ».

***

Kropotkine, pas plus qu'Herbert Spencer, par exemple, ne fut un naturaliste ; il ne collectionna jamais, que je sache, ni des coquilles, ni des plantes, ni des minéraux (16) ; il ne fit jamais des « expériences », même simples comme celles de Darwin. Mais il fut à sa manière un excellent observateur. Sur les huit chapitres de son livre, l'*Entr'aide*, deux seulement sont consacrés aux « animaux » et le reste à l'espèce humaine. Encore dans ces deux-là rapporte-t-il surtout des faits recueillis par d'autres ; il faut alors admirer la sûreté de jugement avec laquelle il a su choisir ses références. C'est d'abord le grand zoologiste Kessler (17), à qui il reporte la priorité des idées sur l'importance de l'entr'aide. C'est encore les entomologistes Huber, Forel, Lubbock, Adlerz ; il connaît bien J.-H. Fabre et Maeterlinck et leur accorde leur juste valeur.

Il n'a pas la prétention de révolutionner la science, ni la philosophie. Il ne se met pas lui-même en opposition avec Darwin, dans les œuvres de qui il trouve nombre d'observations qui corroborent sa propre thèse. L'excellente traductrice de l'*Entr'aide*, Louise Guieysse-Bréhal, l'exprime fort bien en disant : « La loi de la nature dont traite le présent ouvrage n'avait pas encore été formulée aussi nettement. C'est une point de vue nouveau de la théorie darwinienne... » C'est au moins une mise en lumière nouvelle de ce point de vue.

Si les exemples rassemblés par Kropotkine sont en quantité insuffisante, on pourrait en ajouter bien d'autres : on pourrait citer les *Plasmodium*, qui « aident » l'Homme, qui les héberge (sauf à lutter contre eux ensuite), à combattre les tréponèmes ; on pourrait trouver maints cas dans les observations éthologiques bien faites ; par exemple, voici, résumé, un récit donné par un zoologiste contemporain, W. Beebe (18), non suspect d'avoir pu être influencé par Kropotkine : « ...une centaine de petits diodons, tous bien serrés les uns contre les autres et allant droit devant eux... Une grande orphie se rapprochait. Les timides diodons la virent aussi, se gonflèrent davantage et s'agglomérèrent au point que leur troupe semblait ne former qu'un seul poisson gros et arrondi...Semblables à un troupeau de bœufs musqués qui forment le carré en présentant leurs cornes à l'envahisseur, ces petits poissons présentaient à leur ennemi un front solide de chevaux de frise fait d'une seule carapace de piquants... Brusquement un gros diodon se sépara des autres, l'orphie se mit à sa poursuite, les grandes mâchoires s'ouvrirent se fermèrent brusquement et engloutirent leur proie infortunée. »

***

Nous n'avons été que trop rassasiés de transpositions de la prétendue biologie à la prétendue sociologie. Kropotkine n'est pas tombé dans ce travers d'en tenter une nouvelle. Il avait hâte d'arriver, dans son étude, à l'espèce humaine ; ce n'est pas seulement parce qu'il s'intéressait davantage à celle-ci (19) ; c'est aussi et surtout parce qu'il la connaissait mieux et pouvait en parler avec compétence. Son livre suit un ordre historique, dans le sens où l'histoire [humaine] tend à devenir scientifique ; il y manifeste un « tempérament » intellectuel de biologiste d'anthropologiste, et non pas seulement de sociologue (20). Ce n'est pas non plus par sentimentalisme qu'il insiste sur la sociabilité des animaux ; il suffit, pour en être convaincu, de lire ce qu'il dit sur la zoologie lamartinienne de L. Büchner (p. XIII et XIV de son Introduction). Il avait prévu le reproche, qu'on ne lui ménagea certes pas. « On peut objecter à ce livre, dit-il, que les animaux aussi bien que les hommes y sont présentés sous un aspect trop favorable ; que l'on a insisté sur leurs qualités sociables, tandis que leurs instincts anti-sociaux et individualistes sont à peine mentionnés. Mais ceci était inévitable... »

Que ne pourrait-on pas lui reprocher encore ? Il tient les « sauvages » (qui sont les mêmes pour lui que pour Darwin et les autres civilisés) indistinctement pour des « primitifs » ; il faut penser aux progrès faits par l'anthropopaléontologie en un demi-siècle.

Une autre question se pose encore : ne doit-on pas prendre le terme *entr'aide*, comme le mot *lutte*, dans un sens métaphorique ? et ne risque-t-on pas, ici encore, de pousser la métaphore trop loin ? «... il est illégitime de comparer une société d'individus libres à un individu formé d'une agglomération de cellules fixées » (F. Le Dantec, dans : *l'Egoïsme...*). Il manque au moins à cet aphorisme un mot : « inconsidérément », après : « comparer ». Un *individu* multicellulaire, humain par exemple, n'est pas *inconsidérément* comparable à un agrégat, à une « colonie » (mot fort mal choisi) d'unicellulaires. Cependant, dans un tel individu : « Chaque plastide a sa vie propre, et peut être détruit individuellement. Mais il a aussi sa vie solidaire des autres, et les besoins du corps, faim et soif, respiration, sont la somme des besoins individuels des plastides » (Henri Coutière, dans son admirable petit livre : « Connais-toi »). Sans aller chercher les cas bien caractérisés, en somme assez exceptionnels, de symbiose (que Kropotkine ignorait), l'entr'aide qui, anthropocentriquement, peut paraître une notion affective, n'est qu'une expression de la *solidarité* élémentaire. Kropotkine dit : « la sociabilité a certainement son origine aux plus bas degrés de l'évolution du règne animal, peut-être même dans les « colonies animales ».

Resterait à se demander si l'évolution, déterminée par ces deux facteurs, entre autres, est progressive (c'est-à-dire : va vers le mieux). Kropotkine le croit et Darwin paraît en douter, sans avoir publié ses idées sur ce point (voir M. Prenant, p. 143). Le premier pense que l'entr'aide est un facteur progressif et la lutte un facteur régressif.

Il ne paraît pas possible de donner une réponse purement scientifique à cette question.

J. DELPHY.

(10) Ensemble de déductions basé sur une multitude d'observations. Il semble bien que, malgré Littré, c'est le sens vulgaire du mot qui est dérivé.

(11) Même si l'on regrette qu'il donne si souvent la parole à Marx et à Engels.

(12) Erasme Darwin était peut-être plus « lamarckien » que « darwinien » ; n'a-t-il pas écrit (1794) : « Tous les animaux subissent des transformations qui dérivent en partie de leurs propres efforts, en réponse à des plaisirs et à des souffrances, et beaucoup de ces formes ou tendances acquises sont transmises à leur postérité. » On reproche à Buffon de s'être rétracté, sur les injonctions de la Faculté de Théologie ; sa rétractation n'est pas un persiflage évident, qu'elle ne peut pas être, mais elle l'est suffisamment pour ne pas plus laisser de doute que les prudentes réserves de Lamarck.

(13) Ce qu'il fit notamment dans l'Esquisse historique qui précède la sixième et dernière édition de l'*Origine...* (1873).

(14) « On peut faire un professeur d'histoire naturelle, mais un naturaliste se fait tout seul », (Maurice Maindron, cité, en épigraphe, par A. Giard). J'ajouterai, sans vouloir dissimuler mon allusion à Arthur Schopenhauer : la différence est la même entre un professeur de sciences naturelles et un naturaliste qu'entre un professeur de philosophie et un philosophe.

(15) For the man and the moment must agree (Foundations of Biology, 1922, p. 410).

(16) D'après Giard : le vrai naturaliste... c'est incontestablement le morphologiste, et « il faut que le morphologiste soit collectionneur ». Encore des mots qui peuvent être pris dans un sens métaphorique. Rappelons ce beau poème de Rodenbach : « J'ai gardé dans mes yeux, comme un thésauriseur... »

(17) C'est ce même Kessler dont Huxley rapporte l'étude remarquable qu'il a faite *de la lutte pour l'existence* entre deux Ecrevisses *d'espèces différentes* (qu'elles le soient devenues ou soient en voie de le devenir).

On peut ajouter que deux autres zoologistes russes, Menzbir et Brandt, ont pleinement confirmé les vues générales de Kropotkine, ainsi que l'ont rappelé Delage et Goldsmith (*Les théories de l'Evolution*, 1909).

(18) *Sous la mer tropicale*, Paris, Stock, 1931, p. 25.

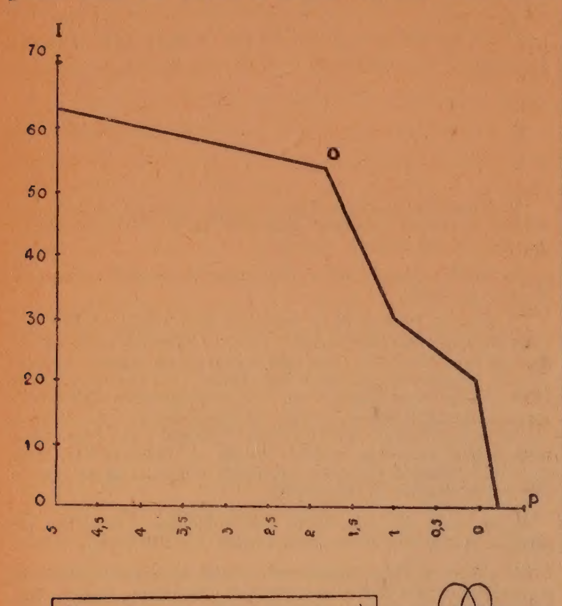
(19) Comme d'ailleurs les biologistes les plus objectifs ; considérons quelle place occupe l'Homme dans les écrits de Darwin et de ses commentateurs. Géocentrisme, anthropocentrisme sont des formes *à peine* élargies de l'égocentrisme. Quand l'Homme classe le Règne animal en Vertébrés et Invertébrés, n'est-ce pas à peu près comme si le Pissenlit classait le Règne végétal en Composées et Non-composées ?

(20) Le Dr Zuckermann dit, *par dénigrement*, «le sociologue Kropotkine ». Le parti-pris a entraîné le même auteur à émettre nombre de contre-sens. La sociologie devrait être « la science des phénomènes sociaux » ; l'usage s'est tellement bien établi de réserver ce nom à l'étude des sociétés humaines qu'il faut employer le néologisme biocénotique pour désigner la sociologie générale.

Tube en cours de vidage producteur d'oscillations électriques

Etant donné le rapprochement qu'il est possible de faire entre les figures obtenues, en acoustique, avec le tube de Kundt et les stratifications d'Abria prenant naissance dans un tube à vide, j'ai pensé que ce stade pouvait correspondre à un régime d'ondes stationnaires.

Le phénomène serait assimilable à celui qui se passe dans un tuyau à anche où des vibrations



régulières sont engendrées par l'air qui s'écoule, sous pression constante, dans une conduite dont la résistance varie périodiquement.

Pour vérifier cette hypothèse, j'ai opéré avec un tube de « pyrex » long de 130 cm., ayant un diamètre de 18 m/m. Pendant qu'une pompe faisait le vide, une tension de 3.600 volts à fréquence 50 p. S, était appliquée et un milliampère-mètre M indiquait le courant. Un galvanomètre G ayant ses deux bornes reliées à un détecteur à cristal, était couplé magnétiquement à quelques spires embrochées sur l'arrivée de la haute tension. Une capacité de 1.000 cm. évitait le court-circuit de l'ensemble galvanomètre-cristal par les spires de couplage.

Dans ces conditions, une induction se manifeste lorsque la pression dans le tube est de l'ordre de 2 m/m et que le courant est voisin de 55 milliampères. L'élongation maximum du galvanomètre est obtenue au moment de l'apparition des stratifications, point o sur la courbe qui représente la variation du courant mesurée en milliampères en fonction de la pression évaluée en millimètres de mercure.

Toutes mes tentatives tendant à mesurer la longueur des ondes obtenues ont échoué. Je puis cependant signaler de faibles variations dans l'indication du galvanomètre pendant les déplacements d'un pont de Lecher, mais il n'a pas été possible d'observer des points précis.

Cet insuccès peut être attribué à la longueur des ondes obtenues qui sont, soit très longues, soit si courtes, comme peuvent le faire supposer les quelques millimètres séparant deux strates voisines, que la méthode de la mesure sur lignes ne convient pas, soit enfin à ce que les oscillations étant du type à relaxation, la résonance est très peu marquée.

La galvanomètre ne déviant qu'à un stade bien déterminé, la possibilité d'une action électrostatique doit être écartée.

Henry COPIN.

LA BIOLOGIE GÉNÉRALE

La Faculté des Sciences de Bucarest vient de fonder une chaire de Biologie Générale, que j'ai eu l'honneur d'inaugurer le 31 janvier 1946, par une leçon d'ouverture, dans laquelle je me suis efforcé de définir le domaine propre et l'orientation actuelle de cette science, encore trop jeune et trop synthétique pour être achevée, et dont voici un bref aperçu.

L'objet de la Biologie Générale se dessine clairement à l'heure présente, c'est l'étude du déterminisme des formes vivantes et de leurs transformations, en d'autres mots, celle des facteurs de la morphogenèse, prise dans son acception la plus étendue. En effet, les changements de forme des êtres vivants sont à considérer, d'une part, sur le plan historique des faits collectifs de l'Evolution et, d'autre part, sur le plan dynamique des phénomènes morphogénétiques actuels et individuels, relevant des disciplines toutes récentes de la Génétique, de la Sexualité et de la Mécanique du développement. Le fait historique de l'Evolution s'appuie principalement sur la méthode comparée, dérivée de l'induction généralisatrice d'Aristote et de Bacon, alors que les conditions actuelles

de la morphogenèse sont explorées par l'analyse causale expérimentale, issue de l'induction exacte de Galilée, qui a permis le magnifique essor de la Physico-Chimie et de la Physiologie.

Ainsi comprise, la Biologie Générale dépasse par son caractère de synthèse historique l'ordre descriptif et classificateur de la Morphologie pure (Anatomie, Histologie, Embryologie, Systématique). Quant à sa partie expérimentale, bien que souvent appelée Physiologie de la forme, elle n'emprunte à la Physiologie proprement dite que la méthode, et s'en écarte résolument par son objet [1], du fait que l'analyse des fonctions ne saurait rendre compte de la genèse des formes et des structures qui les exercent. La vieille sentence selon laquelle « la fonction crée l'organe » est scientifiquement insoutenable, car, pourquoi alors tant de structures variées d'origines diverses pour remplir la même fonction ?

Ce sont, juste au contraire, le plan d'organisation et le mode du développement ontogénique des êtres vivants, qui décident de leurs caractéristiques fonctionnelles. La structure apparaît fondamentale pour le fonctionnement et ceci est vrai même pour les fonctions vitales élémentaires, communes à tous les organismes, car elles ne font qu'entretenir la vie, alors que la naissance des formes, liée à la reproduction, est un processus véritablement créateur d'individualités nouvelles, par le concours de l'hérédité, de la sexualité et de l'ontogenèse. Les états physiologiques subissent toujours l'empreinte du cycle morphogénétique. La reproduction elle-même n'est qu'une transmission de structure spécifique à l'état chimique de condensation maximun dans les gamètes. Il est instructif de constater qu'en Physique nucléaire et en Chimie, les propriétés des 93 éléments du système périodique de Mendéléev, et les réactions de l'immense variété des composés chimiques, dépendent toutes de la structure atomique ou de la constitution moléculaire respectives.

Le caractère historique des organismes n'est pas une déduction théorique de l'Evolutionnisme, mais purement la conséquence de fait de leur continuité ininterrompue par reproduction, depuis l'âge indéterminable de l'apparition de la vie sur le globe. Le concept transformiste ne fait que concilier la stricte filiation des êtres vivants avec la diversité hiérarchique de la classification des formes actuelles, en se laissant guider, en premier lieu, par la succession géochronologique des fossiles qui est dans l'ordre de leur supériorité croissante. L'apparition extrêmement tardive de l'Homme est une des preuves les plus éclatantes de la concordance absolument vigoureuse existant entre l'époque de la naissance d'une forme et le degré de son organisation. La reconstitution des lignées paléontologiques montre que véritablement novatrices ne sont que les formes initiales généralisées, dont les potentialités se trouvent ultérieurement partagées selon plusieurs directions de spécialisations orthogénétiques. Ainsi, les groupes semblent se développer par une sorte de diversification intérieure à partir de certains prototypes.

Des liens nécessaires unissent le Transformisme à la morphogenèse expérimentale, puisqu'aucune théorie explicative du mécanisme de l'Evolution ne saurait se passer aujourd'hui des résultats acquis en Génétique, Sexualité et Embryogénie causale. A leur tour, celles-ci trouvent dans la perspective évolutionniste une coordination qui rehausse incomparablement leur portée. L'apport de ces disciplines fut décisif, mettant fin à la position paradoxale du problème de l'Evolution, admis sans réserves justement dans sa partie historique inaccessible et, par contre, tellement controversé dans son mécanisme actuel, pourtant sujet à l'observation et à l'expérience. D'autre part, cette solidarité réciproque entre les aspects historique et dynamique de la morphogenèse, assure l'unité du domaine de la Biologie Générale et la cohérence de ses problèmes.

Cependant, la confrontation des théories transformistes du XIXe siècle, — Lamarckisme et Darwinisme, — avec les données de la Biologie expérimentale contemporaine, a infligé tout d'abord une grave crise au Transformisme, dont celui-ci n'a triomphé qu'en épurant radicalement son contenu classique. En effet, contrairement aux explications lamarckiennes et darwiniennes, qui recherchaient les causes de la transformation des espèces dans les conditions extérieures agissant sur les organismes adultes, les conclusions de la Génétique, de la Sexualité et de l'Ontogenèse expérimentale indiquent d'une manière convergente, que le mécanisme de l'Evolution doit reposer sur des remaniements de la constitution germinale et des processus du développement, qui édifient les êtres vivants. Les potentialités organisatrices de l'œuf s'épuisent au fur et à mesure qu'elles se réalisent dans l'individu adulte, et le soma ne participera pas à la reproduction, c'est pourquoi le retentissement d'éventuelles modifications de ce dernier sur les futurs germes, soit l'inscription du phénotype dans le génotype, apparaissent irréalisables comme mécanisme morphogène, étant

[1] Pourtant, la confusion entre la méthode et l'objet de la morphogenèse est courante chez les auteurs les plus éminents, tels Hesse (Handwörterbuch Naturwiss., Jena 1935, t. I, p. 988) et Kühn (Lehrbuch Zoologie de Claus-Grobben 1932, dans l'introduction à la partie générale), qui font rentrer la morphogenèse expérimentale (Mécanique du développement, Génétique) dans la Physiologie. Hartmann (Allgemeine Biologie, p. 654, 1933) va même jusqu'à parler de la « physiologie de la formation des espèces ».

contraires au sens unique de l'ontogenèse, qui procède du germen au soma et jamais inversement.

La dualité somato-germinale, proclamée par A. Weismann, a été pleinement confirmée par la ségrégation précoce de la lignée germinale au cours de l'embryogenèse, et cette constatation fort générale éclaire non seulement le mécanisme de l'hérédité des caractères particuliers, par la transmission des gènes nucléaires, mais encore celui de l'hérédité générale de l'espèce, inscrite dans les localisations germinales du cytoplasme ovulaire. La phylogénie comprenant la série des formes adultes ancestrales, n'est que l'aboutissement d'innombrables ontogénies préalables, d'où l'on ne saurait regarder comme récapitulatifs, que les stades ontogéniques qui furent peu ou point affectés par les transformations évolutives et sont restés communs à de grands groupes. Ainsi, l'ontogénie comparée est à même de nous renseigner dans quels stades sont intervenues les modifications ayant influé sur la phylogenèse, ce qui renverse la causalité du parallélisme de la fameuse loi biogénétique fondamentale d'Haeckel.

Cette conception du germe générateur de l'Evolution, s'accorde parfaitement avec l'énorme complexité discontinue du patrimoine héréditaire chromosomien et sa vaste capacité de mutation, révélées par la Génétique, dont les derniers progrès ramènent l'hétérogénéité factorielle du noyau à un ensemble de grosses molécules nucléo-protidiques spécifiques, agissant par des chaînes de réactions chimiques. D'un autre côté, le cytoplasme germinal a un rôle morphogène extrêmement puissant, que démontre, outre son anisotropie et sa totipotence, l'impressionnante découverte de l'organisateur, déclenchant au moyen de substances voisines des stérols, la genèse d'une individualité nouvelle. Enfin, la Sexualité me semble illustrer de la manière la plus saisissante la possibilité d'atteindre, par l'analyse expérimentale des conditions morphogénétiques internes, au mécanisme même des transformations évolutives. En effet, elle scinde l'immense majorité des espèces en deux types constitutionnels, souvent plus dissemblables que les espèces entre elles, mettant en œuvre, pour accomplir ce dimorphisme, des agents chimiques à action différenciatrice élective, contrôlés plus ou moins directement par les gènes.

En général, les principales manifestations caractéristiques de la vie, telles les échanges métaboliques, les modalités de l'excitabilité, le maintien de l'intégrité, la tendance à la reproduction, la conquête de l'espace, la durée de l'existence, quoique impliquant la participation du milieu extérieur, demeurent néanmoins autonomes, commandées par des causes intrinsèques, et il aurait été étonnant qu'il en soit autrement pour les changements de forme actuels et historiques. D'ailleurs, dans la nature inanimée, le jeu des combinaisons chimiques est régi par les affinités et les valences atomiques, qui sont des propriétés nettement internes des éléments. En passant aux édifices infiniment plus complexes et individualisés que représentent les êtres vivants, leur capacité d'évolution structurale, créatrice des formes, apparaît comme l'étape supérieure d'une tendance organisatrice de la matière universelle, dont le plus bas échelon serait le système déjà si compliqué de l'atome. C'est l'unique réponse que l'on saurait donner au « pourquoi » de l'Evolution, à son indéniable progression des Ultravirus à l'Homme.

Les généticiens ont abouti, surtout chez les Végétaux, à la création d'espèces et de genres nouveaux, ou à la synthèse d'espèces connues à partir de formes avoisinantes. La Génétique sait manier les unités héréditaires déjà existantes et leurs variantes se traduisant par les mutations, mais elle ne nous a encore rien appris sur l'enrichissement du génotype en facteurs surnuméraires, réellement nouveaux, ce que nous aiderait, peut-être, à comprendre la genèse des prototypes des catégories systématiques plus grandes. Ou bien, est-ce là un problème qui échappe à la recherche causale, vu que depuis le début du paléozoïque, depuis près de 500 millions d'années, aucun grand type structural nouveau n'est apparu ?

Une autre difficulté sérieuse que doit surmonter l'explication des transformations du monde vivant par un mécanisme endogène, est certainement le problème de l'adaptation, la conformité de l'organisme à son milieu, que le lamarckisme avait essayé de résoudre en admettant l'hérédité de la variation individuelle directement adaptative, considérée comme phénomène primaire de l'Evolution. Certains agents externes, tels les radiations pénétrantes, la chaleur, la colchicine peuvent bien atteindre le patrimoine germinal, mais alors celui-ci réagit en conséquence de sa constitution propre, toujours par des mutations, lesquelles ne sont nullement orientées adaptativement vis-à-vis de la cause qui les a produites.

Même si l'avenir décidait que ce n'est qu'en vertu de simples probabilités, que l'œuf réussit à répondre d'une manière souvent si adéquate à des problèmes posés au soma adulte, il me semble définitivement établi que les variations du milieu extérieur, jointes aux durées incommensurables, constituent un cadre indispensable à l'épanouissement et à la réalisation des potentialités évolutives germinales. La répartition des êtres vivants reflète les voies de leur évolution, aussi la Biogéographie et l'Ecologie forment-elles deux directives floris-

santes de recherches de la Biologie Générale, auxiliaires importantes de la compréhension des phénomènes morphogénétiques. Alliées à la Génétique, elles ont fait connaître la constitution intime des espèces, l'état naissant de certaines d'entre elles, et les rôles véritables de l'isolement et de la sélection, démontrant leur efficacité en tant que facteurs de l'Evolution. A l'Ecologie se rattachent l'étude de l'influence modelante du milieu environnant, celle des énigmes de l'adaptation, de la ressemblance protectrice et de la convergence, la connaissance des relations des organismes entre eux, telles la concurrence vitale, les sociétés animales, le parasitisme et la symbiose, qui offrent de si passionnants problèmes.

L'analyse expérimentale ramène les faits de l'hérédité, de la sexualité et de l'ontogenèse, au delà de l'échelle cellulaire, à une détermination biochimique intrinsèque. La nature et le mode d'action des gènes, la découverte récente des termones, les effets de l'organisateur, ceux des hormones sexuelles et de croissance, le déclenchement humoral des métamorphoses, en sont autant d'exemples éloquents, qui démontrent l'activité morphogène élective de substances chimiques diffusibles, intervenant à des stades plus ou moins précoces du développement. Toutes ces substances sont d'origine endogène et certaines d'entre elles s'avèrent même comme des réactions primaires des gènes, qui emploient des médiateurs chimiques pour modeler le phénotype conformément à la constitution génotypique, ce qui tend à effacer l'incompatibilité affirmée jadis entre la détermination génique et la différenciation hormonale. Ce rapprochement est la raison d'être de la Phénogénétique, branche cadette, pleine de promesses, de la science de l'Hérédité. D'autre part, les Ultravirus protidiques cristallisables représentent des unités vivantes sous la forme d'extrême simplicité de volumineuses molécules spécifiques, autrement dit la vie à l'état moléculaire. Et jusqu'à l'autre bout de l'échelle des organismes, où se place l'Homme, l'universalité des réactions sérologiques, jointes à certains cas significatifs de fécondation extraspécifique, attestent la différenciation chimique des protoplasmes des espèces. Ainsi, à la lumière des progrès les plus décisifs de la Biologie expérimentale, le chimisme apparaît constamment précurseur de la forme, en même temps que manifestation élémentaire de la fonction et condition essentielle du psychique.

Si l'on ajoute que la constitution chimique de plusieurs substances morphogènes est déjà parfaitement connue et même vérifiée par synthèse, il est clair que l'explication transformiste cherche désormais à approfondir le mécanisme germinal, dans la voie féconde de la morphogenèse chimique. Sous ce jour nouveau, la forme individualisée et organisée, qui définit l'être vivant au moins autant que ses manifestations fonctionnelles, semble pouvoir se prêter à la plus rigoureuse analyse causale expérimentale, sans qu'elle y abandonne cependant la large part d'irrationnel, que lui confère son conditionnement historique (1). En effet, la morphogenèse la plus authentique, qui est le développement embryonnaire, présente au cours de sa réalisation, des aspects dynamiques fonctionnels, tels l'activation et l'épuration de l'œuf, les mouvements cytoplasmiques morphogènes, les inductions mitogénétiques et différenciatrices, etc..., assurant le passage de l'hétérogénéité chimique initiale à la forme caractérisée anatomiquement, mais ces fonctions morphogènes, irréversiblement enchaînées, s'écartent de la Physiologie proprement dite, par leur subordination toute autre, essentiellement constructive (2). Si donc, la Biochimie comparée va relier de plus en plus étroitement dans l'avenir la Biologie Générale à la Physiologie Générale, elle ne parviendra jamais à les faire confondre, car la forme vivante, en tant que produit historique, demeure irréductible au simple fonctionnement, dont la sépare la finalité créatrice de la morphogenèse. Finalité de fait et non pas de raison, due à la continuité inébranlable des conditions germinales, qui varient et se compliquent dans le temps. Aussi, l'Evolutionnisme continue-t-il de représenter non seulement le fond classique de la Biologie Générale, mais encore son axe de soutien, qui lui garantit une autonomie inaliénable.

Radu CODREANU,
Prof. à l'Université de Bucarest.

(1) Dans son bel exposé, Bounoure (*Rev. Gén. Sci.*, t. XLVI, pp. 331, 495, 1935) ramène également le domaine de la Biologie Générale à l'étude de la forme vivante, néanmoins étant antitransformiste et pour la constance des espèces, il accorde à la forme une valeur idéale, transcendante, opposable à la matière et incompatible avec une analyse causale cantitative, bref ne pouvant nullement obéir à un déterminisme physicochimique.

(2) C'est dans ce sens que je serais enclin à interpréter l'épigénèse physiologique de Wintrebert, qui, selon lui, commanderait l'épigénèse morphologique. Aux dires mêmes de l'auteur, la chaîne de fonctions embryonnaires dépend de la constitution hétérogène fondamentale de l'œuf, de la répartition irrévocable de ses matériaux formateurs, de la présence de deux grands centres initiateurs, etc., ce qui n'est pas pour absoudre la théorie de toute trace préformationniste, ni pour justifier la reprise de l'adage lamarckien désuet, par la formule : « le fonctionnement crée tout l'organisme ». Il ne le crée pas, il l'entretient seulement pendant sa construction.

LA NAISSANCE DE L'ÉLECTROMAGNÉTISME [1]

I

Si l'on en croit l'histoire, ce sont les « physiologues » de Milet, cette école fameuse de l'Ionie, qui, les premiers, signalèrent les phénomènes électriques : c'est peut-être même ce Thalès quelque peu légendaire qui remarqua d'abord que l'ambre (ηλεκτραυ) frotté attirait les corps légers. Thalès a laissé la réputation d'un savant fort astucieux pour avoir « réalisé » ses connaissances de la météorologie en prévoyant une récolte d'olives exceptionnelle et en accaparant par avance tous les pressoirs disponibles pour les sous-louer, le moment venu, à des prix exceptionnels eux aussi ; cette opération lui aurait, dit-on, procuré une fortune.

Les recherches électriques se confinèrent à l'électrostatique tant que les seules sources du « fluide » furent les machines à frottement, améliorations de la boule de soufre du bourgmestre de Magdebourg, l'homme aux hémisphères, Otto de Guéricke (1671). Ces machine ne débitaient que des quantités d'électricité très faibles, mais sous un potentiel assez élevé pour donner lieu à des effets aussi spectaculaires que le « baiser électrique », fort à la mode au XVIIIe siècle ou les étincelles de 60 cm. de long que le duc de Chaulnes, vers 1740, tirait d'une machine énorme.

Les disputes de Galvani et de Volta sur l'électricité animale conduisirent à la découverte de sources de courant plus intenses, les générateurs électrochimiques, dont le premier fut la pile que Volta fit connaître dans sa lettre adressée le 20 mars 1800 au président de la Royal Society, Sir Joseph Banks.

C'est encore à Thalès que l'on attribue la découverte des propriétés de certains minerais de fer trouvés à Magnésie et c'est à leurs propriétés attractives à l'égard de ce métal que Ptolémée, dans sa Géographie, attribue le pouvoir d'arrêter la course des navires dont la charpente avait été assemblée par des clous en fer. Tandis que les Chinois utilisaient les propriétés directrices de l'aiguille aimantée quelque 300 ans avant notre ère, il semble bien que c'est à ces mêmes propriétés que, vers l'an 1.000, Lief Ericsson put diriger sa course vers l'ouest et atterrir finalement au Labrador.

Le premier traité de magnétisme est probablement l'ouvrage intitulé *The New Attractive*, écrit en 1581 par un fabricant de boussoles, Normann. On y trouve surtout l'hypothèse que les vertus directrices de l'aimant sont dues à la Terre, hypothèse que Gilbert confirma dans son traité « De Magnete » paru en 1600 en l'appuyant sur des expériences faites avec un modèle réduit, la Terella, expériences qu'il eut l'honneur de produire devant la reine Elisabeth d'Angleterre. Gilbert va même un peu trop loin en attribuant à un magnétisme universel la cause du mouvement des planètes, explication qui séduisit beaucoup Képler.

Si Saint Augustin avait rapproché les phénomènes d'attraction que produit l'aimant de ceux que manifeste l'ambre frotté, si Gilbert avait bien soupçonné quelque relation entre le magnétisme et l'électricité, ce n'est pourtant que 20 ans après la découverte de la pile voltaïque que fut clairement prouvée l'existence de phénomènes électromagnétiques.

Il est assez plausible qu'ils aient d'abord été entrevus par le juriste italien Romagnosi, mais ses relations sont assez obscures. L'acte de naissance de l'électromagnétisme est en fait le mémoire publié en latin le 21 juillet 1820 par Jean-Christian Œrstedt qui, d'apothicaire, était devenu professeur de Physique à l'Université de Copenhague : au cours d'une expérience qu'il présentait à ses étudiants, il remarqua que le passage du courant produit par la pile coïncidait avec la déviation de l'aiguille aimantée d'une boussole placée au-dessus du fil conducteur.

C'est ce mémoire que le physicien génevois Auguste de la Rive reçut dans le courant de l'été 1820 ; l'expérience lui parut si remarquable qu'il invita François Arago, alors en vacances en Suisse, à assister à sa répétition.

Arago n'était déjà plus un inconnu. En 1803, au cours d'un examen resté célèbre, Monge l'avait « questionné » pendant deux heures pour finalement lui sauter au cou pour l'embrasser et lui déclarer qu'il serait reçu premier. (Il s'agissait de l'admission à l'école polytechnique.)

Quatre ans plus tard, Monge désignait son ancienne victime pour aller avec Biot prolonger en Espagne la méridienne de France de Delambre et Méchain. La guerre interrompit leurs travaux ; Biot réussit à regagner la France au début de 1808, tandis qu'Arago, dans sa prison espagnole lisait dans les journaux le récit de sa propre exécution et les circonstances édifiantes de sa mort ; évadé, son bateau est capturé par des corsaires espagnols et le voici de nouveau prisonnier... Heureusement, il y avait aussi parmi le butin fait sur le navire deux lions que le Bey d'Alger destinait à l'empereur Napoléon ; pour éviter les

(1) Conférence faite au centre d'Études et de Recherches de Mathématiques et de Physique de Beyrouth.

complications diplomatiques, on libéra les deux lions et Arago par dessus le marché. Cependant la tempête le jeta sur les côtes d'Afrique, à Bougie qu'il réussit à quitter sous un déguisement. Ayant enfin échappé de justesse à un croiseur anglais, il arriva en 1809 à Marseille ayant sauvé au travers de ses aventures ses observations et ses instruments.

Un an avant, Etienne Louis Malus, ancien terrassier, puis élève de l'école polytechnique, puis capitaine du génie, qui avait failli mourir de la peste à Jaffa, avait présenté à l'Académie des sciences un mémoire intitulé : « Sur une propriété de la lumière réfléchie par les corps diaphanes » : cette propriété, c'était la polarisation rectiligne que Malus avait découverte en observant à travers un nicol, la lumière réfléchie par une vitre.

« Quand le soleil se repose avant de s'évanouir avec des rayons de cuivre rouge sur les carreaux. » Stéphane MALLARMÉ.

Quelque peu dégoûté de la géodésie à longue portée, Arago s'intéressa aux travaux de Malus et, au cours d'expériences qui demeurent un modèle d'observation et de sagacité, étudia les phénomènes connus sous le nom de polarisation chromatique. Fresnel, dont nous reparlerons, y ajouta bientôt la découverte de la polarisation circulaire et trouva dans Arago un champion des plus ardents pour défendre sa théorie ondulatoire de la lumière et amener à quia les plus fervents newtoniens, fussent-ils des mathématiciens aussi coriaces que Poisson.

Arago devait passer à côté de la découverte de l'induction : il n'avait trouvé qu'un « vague magnétisme de rotation » pour expliquer l'amortissement énorme des oscillations d'une aiguille aimantée observé par le constructeur Gambey lorsqu'une masse de cuivre se trouve près de cette aiguille, mais il avait saisi toute l'importance de l'expérience qu'il avait vue dans le laboratoire de de la Rive à Genève. Dès son retour de Suisse, il en rendit compte à l'Académie des Sciences : c'était le 11 septembre 1820, un lundi, jour auquel l'Académie est demeurée fidèle pour tenir ses séances. Il n'est pas sans intérêt de passer en revue les auditeurs d'Arago.

La section de géométrie était dominée par Pierre Simon, marquis de Laplace. Après avoir eu l'honneur d'examiner en 1785 un candidat remarquable qui, à l'âge de seize ans, se présentait au concours d'admission à l'école militaire — Napoléon Bonaparte — Laplace n'avait échappé à la guillotine que parce qu'il connaissait la balistique et la fabrication du salpêtre, dont les armées de la République avait alors le besoin le plus extrême.

La « fluidité » politique de Laplace est bien connue : il n'hésita pas à signer le bannissement de l'empereur qui l'avait cependant comblé de titres et d'honneurs. Est-ce pour cela que Napoléon, dans sa solitude de Sainte Hélène, aurait reproché à son ancien ministre de l'Intérieur :

« d'avoir apporté l'esprit des infiniment petits dans l'administration ? »

En 1820, Laplace avait déjà publié les quatre premiers volumes de sa « Mécanique céleste », son « Exposition du système du monde », d'un accès plus facile et dont le style comme aussi celui des 153 pages de l'Introduction à la théorie analytique des probabilités, révéla que Laplace était aussi bon écrivain que géomètre subtil. Ainsi que l'écrivait Fourier :

« ...il touchait déjà aux limites connues de l'analyse ; il possédait ce que cette science avait de plus ingénieux et de plus puissant et personne n'était plus capable que lui d'en agrandir les limites. »

En fait, Laplace n'était pas seulement un mathémathicien pur : avec Lavoisier, il avait contribué à la fondation de la calorimétrie et, quarante ans avant Sadi Carnot, défini la chaleur comme un phénomène statistique lié au mouvement des particules.

C'est pour exposer l'importance du calcul des probabilités, son rôle dans la plupart des manifestations de l'activité humaine, qu'il avait écrit en 1814 son « Essai philosophique sur les probabilités où il concluait au déterminisme universel dans une phrase dont la majesté est bien connue :

« Une intelligence qui, pour un instant donné, connaîtrait toutes les forces dont la nature est animée et la situation respective des êtres qui la composent, si, d'ailleurs, elle était assez vaste pour soumettre ces données à l'analyse, embrasserait dans la même formule les mouvements des plus grands corps de l'univers et ceux du plus léger atome ; rien ne serait incertain pour elle et l'avenir, comme le passé, serait présent à ses yeux. »

En 1926, Werner Heisenberg nous a appris que pour une intelligence même la plus vaste, les relations d'incertitude limitaient définitivement la précision de nos connaissances de la position et du mouvement.

A côté de Laplace siégeait Legendre, arithméticien et géomètre parfois fort irascible, comme en témoigne sa dispute avec Friedrich Gauss : en 1806, il y avait déjà quelques années que Gauss avait découvert cette méthode des moindres carrés en vue d'une « équitable » répartition des erreurs d'observation, méthode que Legendre venait de retrouver. Suivant sa coutume, Gauss ne l'avait pas publiée.

Mais Legendre savait aussi être juste ; au cours d'une correspondance magnifique, il décerna à Jacobi les justes éloges que méritaient ses travaux sur les fonctions elliptiques, éloges qui sous la plume de Legendre prenaient une valeur particulière puisqu'il avait lui-même consacré plus de quarante ans de sa vie à batailler contre les intégrales elliptiques sans rencontrer la clé que trouvèrent à peu près ensemble Gauss, Abel et Jacobi : l'inversion de ces intégrales.

Biot devait, lui aussi, assister à la lecture de la note de son ancien compagnon de la méridienne de France. Cet ancien artilleur polytechnicien était mathématicien, astronome, physicien et historien. C'est dans le *Journal des Savants* dont il fut longtemps le directeur, qu'il publia ses « Recherches sur plusieurs points de l'Astronomie égyptienne appliquée aux monuments astronomiques trouvés en Egypte », ses mémoires « Sur l'astronomie des anciens » et « Sur quelques déterminations d'astronomie ancienne, étudiées comparativement chez les Egyptiens, les Chaldéens et les Chinois ».

En 1815, Biot avait découvert la polarisation rotatoire ; l'on comprend alors pourquoi, en 1848, il demanda à Pasteur de répéter devant lui, dans son laboratoire, l'expérience par laquelle Pasteur avait montré que le sens de la rotation que les cristaux d'acide tartrique impriment à la lumière polarisée dépend de la symétrie de ces cristaux. Avant de commencer, Biot, tout ému, dit à Pasteur en lui prenant doucement le bras :

« Mon cher enfant, j'ai tant aimé les sciences dans ma vie, que cela me fait battre le cœur. »

Ce cœur avait alors 74 ans.

A cette même section de Géométrie appartenait aussi Poinsot qui était sorti, avec la première promotion, de l'école polytechnique en 1794. Tous les mécaniciens connaissent son ellipsoïde d'inertie dont les propriétés devaient faire l'objet d'un mémoire célèbre « Sur la rotation d'un corps solide autour d'un point fixe », celui que Sonia Kowalewski présenta en 1888 à l'Académie des sciences ; celle-ci, non seulement lui décerna le prix Nordin, mais encore porta sa valeur de 3.000 à 5.000 francs. Cette récompense fit grand plaisir à son bon maître Weierstrass de voir que Sonia « mon élève fidèle, mon faible, n'est pas une frivole marionnette ». Ce sont les termes mêmes de Weierstrass dans sa lettre de félicitations à Sonia Kowalewski.

Quittons cette section de Géométrie pour celle de Mécanique, un peu noyée dans le rayonnement de celui dont Lagrange disait un jour à Laplace :

« Vous voyez ce petit jeune homme, eh bien ! il nous remplacera tous comme mathématicien. »

Ce petit jeune homme était Augustin Cauchy qui avait commencé sa carrière en étant reçu second à l'âge de seize ans à l'école polytechnique en 1808. Dès 1815, il avait démontré un des plus difficiles théorèmes de Fermat :

« Tout nombre positif est une somme de nombres polygonaux à *n* côtés. »

En 1816, l'Académie lui avait décerné son grand prix de mathématiques pour sa théorie sur la propagation des ondes à la surface d'un fluide pesant d'une profondeur indéfinie. A l'impression, le mémoire couvrit plus de 300 pages. La « production Cauchy » devint d'ailleurs telle que plus tard Félix Klein la devait qualifier de « jungle exubérante » et que l'Académie limita à quatre pages le texte des notes à publier dans ses procès-verbaux ou ses comptes rendus. Cauchy fonda alors une revue pour ses publications personnelles.

La même année, le pieux Cauchy avait, non sans quelque scandale, occupé à l'Académie le fauteuil du vieux Monge, ce républicain impénitent que la réaction venait d'en expulser.

En 1820, Cauchy travaillait à sa théorie des fonctions d'une variable complexe. Certes, il était devenu pressant d'asseoir l'analyse sur des bases plus solides que celles qui avaient suffi à Euler et même à Laplace, mais vouloir les établir, au moins en partie sur les « imaginaires », parut aux mathématiciens d'alors passer les bornes de la raison.

C'est ainsi qu'en juillet 1826 (le cours d'analyse de Cauchy, à l'école polytechnique avait paru en 1821), le mathématicien norvégien Niels Henrik Abel, dont Hermite devait dire plus tard qu'il avait laissé aux mathématiciens de quoi s'occuper pendant 500 ans (et cependant Abel était mort à 27 ans), écrivait à son maître Berndt Michael Holmboë :

« Cauchy est fou..., ce qu'il fait est excellent, mais très embrouillé. D'abord je n'y compris presque rien, maintenant, j'y vois plus clair ; Cauchy est à présent le seul qui s'occupe de mathématiques pures. »

Ce programme de 500 ans de travail est le mémoire présenté par Abel à l'Académie le 10 octobre 1826 : « Une propriété générale d'une classe très étendue de fonctions transcendantes », mémoire que, malheureusement, Cauchy égara et qui ne fut publié qu'en 1830 : Abel était mort le 6 avril 1829 à 26 ans.

Pour en revenir à Cauchy, c'est lui qui le premier substitua à la dialectique de l'infiniment petit qui avait fini par se heurter à de très nombreuses contradictions, celle de l'arbitrairement petite et celle du nombre entier N suffisamment grand. On peut aussi dire que sa définition de l'intégrale définie d'une fonction d'une variable réelle couronne en quelque sorte l'œuvre cartésienne puisqu'elle ramène la longueur d'un arc, et par exten-

sion, les mesures d'une aire et d'un volume à la longueur d'un segment sur un axe, c'est-à-dire finalement à la différence de 2 nombres.

C'est encore à Cauchy que l'on doit la première démonstration véritable du théorème fondamental du calcul intégral qui relie l'intégrale définie comme limite d'une somme à l'intégrale conçue comme fonction primitive ou comme l'on disait autrefois l'antidérivée. Tant par l'abondance de ses publications que par la clarté de ses enseignements, Cauchy imposa plus de rigueur à l'analyse mathématique.

En dehors de l'analyse, Cauchy approfondit les méthodes combinatoires que Lagrange avait déjà utilisées dans la théorie des équations : ses recherches sur les lois de combinaison des opérations algébriques l'amenèrent à énoncer quelques principes de cette théorie des groupes où, parmi tant d'autres, devait s'illustrer d'abord Evariste Galois, théorie dont les applications s'étendent des mathématiques pures aux structures atomiques, biologiques et sociales.

Sorti en 1808 de l'école polytechnique comme ingénieur de la Marine, François-Pierre Charles, baron Dupin avait en 1813, publié son « Développement de géométrie pour faire suite à la géométrie pratique de Monge » ; on y trouve l'usage de l'indicatrice pour l'étude de la courbure d'une surface. Dupin s'était aussi intéressé à une famille de surfaces, les cyclides qui portent son nom, que plus tard Félix Klein devait prendre comme base géométrique pour l'intégration d'une large classe d'équations différentielles. C'est à Dupin que l'on doit également des recherches importantes sur les familles de surfaces triplement orthogonales fort utiles aux physiciens pour leurs potentiels. Il n'est pas exagéré de dire que les travaux de Dupin en Géométrie furent la source de travaux considérables en analyse pure dans le courant du XIXe siècle ; les familles triplement orthogonales, par exemple, ont fourni à Gaston Darboux, la matière de l'un de ses mémoires les plus célèbres, le plus long peut-être, puisqu'il comporte 567 pages.

Ecoutant leur collègue exposer l'expérience d'Œrstedt, qui trouvons-nous dans la section d'Astronomie ?

Sans doute Cassini IV, qui avait achevé et présenté à l'Assemblée Nationale en 1789 les 183 feuilles de la carte de France commencée en 1744 par son père Cassini III.

Delambre, ce géodésien érudit que la Constituante avait en 1791 chargé de mesurer en collaboration avec Méchain la méridienne de France, de Dunkerque à Barcelone, Méchain était mort en 1804 du souci et des fatigues que lui avait causés la révision de ses observations et de ses mesures en vue de rectifier une erreur. Huit ans plus tard était achevée l'œuvre dont Poggendorff, dans son histoire des sciences dira :

> « De toutes les opérations de ce genre faites en Europe, elle est la plus importante en étendue ; elle est aussi celle où l'on a mis en œuvre toutes les ressources de l'expérience et toutes les facultés de l'esprit. »

Le 22 juin 1799, une délégation de l'Institut venait présenter les prototypes du mètre et du kilogramme aux Conseils des Anciens et des Cinq Cents.

C'est Delambre qui rédigea les comptes rendus de l'entreprise : « Les bases du système métrique » dont Napoléon dira « Les conquêtes passent, mais les opérations demeurent ».

Citons aussi Bouvard, observateur et calculateur infatigable (Laplace lui avait confié l'exécution des calculs considérables de sa mécanique céleste). Il avait publié en 1808 les « Nouvelles tables des planètes Jupiter et Saturne » ; dans un supplément paru en 1821 furent ajoutées celles d'Uranus qu'Herschell avait découvert 40 ans plus tôt ; elles constituèrent la base de la discussion mathématique qui devait permettre à Le Verrier de calculer en 1848 la position d'une nouvelle planète, Neptune.

Si la section de Physique générale ne devait accueillir Augustin Fresnel qu'en 1823, elle comptait des membres déjà célèbres : Simon-Denis Poisson qui après être entré premier à l'école polytechnique en 1798, fut dispensé des examens de sortie et immédiatement nommé en 1800 répétiteur d'analyse. En 1811, il avait publié un traité de mécanique qui constituait presqu'une apologie de la mécanique newtonienne. Aussi lorsqu'en 1819. Fresnel obtiendra le grand prix de l'Académie pour son mémoire sur la diffraction de la lumière, basé sur la théorie anti-newtonienne des ondes, Poisson dénoncera véhémentement les conséquences étranges, en apparence absurdes de cette théorie, comme cette lumière qu'elle prévoit au centre de l'ombre projetée sur un écran par un petit disque opaque. Ce fut alors un jeu pour Fresnel qui avait utilisé les loisirs de sa mise en disponibilité pendant les Cent jours pour faire quelques expériences fort délicates sous un hangar de forgeron avec une optique de fortune, comme cette goutte de miel qu'il utilisa pour remplacer la lentille à forte courbure qu'il n'avait pas, ce fut un jeu pour cet expérimentateur habile de faire voir à Poisson cette lumière qu'il considérait comme absurde.

Les travaux de Poisson sur l'élasticité sont classiques et si l'on en croit le mathématicien allemand Staekel, Poisson aurait même devancé Gauss

et Cauchy en utilisant avant eux les intégrales curvilignes dans le plan complexe.

Gay Lussac était alors bien connu du grand public pour avoir, lors de son ascension en ballon libre de 1804 dépassé l'altitude de 7.000 mètres en vue d'étudier le comportement de l'aiguille aimantée et la composition de l'air. Tout à l'heure nous aurons l'occasion de dire un mot de ses découvertes en chimie : rappelons qu'il caractérisa le premier le chlore comme un corps simple, qu'en 1809, avec Thénard, il isola le bore, qu'en 1811 il identifia l'iode que Courtois avait isolé de la cendre des végétaux marins.

La loi célèbre qui porte son nom avait été publiée en 1807, dans les comptes rendus de la Société d'Arcueil sous le titre « Mémoire sur les combinaisons des substances gazeuses entre elles ».

Le premier secrétaire perpétuel de l'Académie, Delambre, venait d'être remplacé par un autre membre de la section de Physique Jean-Baptiste Fourier, le compagnon de Monge pendant les trois années que dura l'aventure égyptienne, de 1799 à 1802. Il était encore préfet de l'Isère quand, en 1812, l'Académie lui décerna son Grand prix de mathématiques pour son mémoire sur la propagation de la chaleur « ce grand poème mathémathique » dira Lord Kelvin et où l'on trouve les fondements de l'analyse harmonique, la représentation des phénomènes périodiques par des séries trigonométriques. L'importance théorique de ces travaux est au moins aussi considérable que leur intérêt pratique, car Fourier y avait en particulier nettement dégagé la notion de périodicité simple qui, dans la suite, fut étendue par d'autres mathématiciens.

Si les rapporteurs de la commission chargée de décerner le prix, Lagrange, Laplace et Legendre avaient quelque peu critiqué le manque de rigueur de certaines propositions de Fourier, celui-ci, guidé peut être par une intuition assez analogue à celle qui avait dirigé Euler dans quelques-unes de ses nombreuses acrobaties d'analyse, avait habilement manœuvré au milieu des difficultés extrêmes des problèmes aux limites, sans craindre de les aborder de front. Aujourd'hui encore les mathématiciens s'occupent à donner aux recherches de Fourier plus de rigueur et de généralité.

Arrêtant ici cette revue de l'illustre compagnie et passant ainsi sous silence les chimistes et les naturalistes, il convient pourtant de dire un mot du second secrétaire perpétuel de l'Académie : Georges Cuvier, qui, dans ses « Recherches sur les ossements fossiles », paru en 1812, avait reconstruit le squelette des montres de la préhistoire et fondé une science nouvelle, la paléontologie.

Si je n'ai pas considéré à sa place, dans la section de Géométrie, l'auditeur qui fut sans doute le plus attentif, celui qui depuis 1814 occupait le fauteuil de l'abbé Bossut, ancien collaborateur de Clairaut et de d'Alembert pour la rédaction des articles mathématiques de l'*Encyclopédie*, c'est qu'André-Marie Ampère mérite une place particulière, celle du Grand Ampère. Je ne saurais mieux le présenter que Louis de Broglie :

« Tout est curieux, émouvant, grandiose en cet homme extraordinaire. Enfant prodige donnant dès l'âge le plus tendre les marques de facultés aussi exceptionnelles que précoces ; adolescent frappé par un deuil cruel lors de l'une de plus grandes crises de notre histoire ; cœur passionné soumis dans sa vie privée à de douloureuses épreuves successives, comme si la destinée s'acharnait à faire souffrir ce pauvre grand homme ; esprit d'une immense envergure s'intéressant à la fois à toutes les branches de la science et de la philosophie et réussissant, malgré l'énorme dispersion d'efforts que sa trop grande curiosité lui impose, à réaliser dans des domaines très différents des œuvres capitales ; homme indécis et timide, aussi faible et désarmé devant les petites difficultés de la vie quotidienne qu'il était vaillant et acharné dans les tentatives ardues où se complaisait sa vaste intelligence ; âme inquiète sans cesse préoccupée de problèmes moraux et métaphysiques, souvent éprise de mysticisme et trouvant enfin dans les consolations de la foi, l'apaisement de ses souffrances et l'assouvissement de ses aspirations. Tel fut ce savant de génie qui, en quelques semaines de sa vie orageuse, a jeté les bases de la science des phénomènes électromagnétiques et ouvert la voie à toutes les applications actuelles de l'électricité et qui cependant, malgré les hommages dont il fut l'objet à certains moments de sa carrière, mourut obscurément au cours d'un voyage d'inspection administrative sans que les hommes de son temps aient paru se rendre compte de tout ce que la France perdait en lui. » [1]

« Enfant prodige » nous dit de Broglie : oui certes, puisqu'à l'âge de 13 ans en 1788, il présentait à l'Académie de Lyon un mémoire « Sur la rectification d'un arc de cercle plus petit que la demi-circonférence.

« Marques de facultés aussi exceptionnelles que précoces » comme cette mémoire extraordinaire qui lui permettait soit de citer à tout moment des articles entiers de la *Grande Encyclopédie* qu'il avait littéralement dévorée dans son enfance, soit de parler pendant treize heures à deux amis qui lui avaient demandé quelques éclaircissements sur le système du monde.

[1] *Un génie tourmenté.*
Conférence faite en Sorbonne le 18 septembre 1940.

« S'intéressant à la fois à toutes les branches de la science », il suffit de citer les titres de quelques-uns de ses mémoires :

1802. Considérations sur la théorie mathématique du jeu.

1803. Sur l'intégration des équations différentielles où conduisent les problèmes qu'on résout par la méthode des variations.
Sur l'application générale du calcul des variations aux problèmes de la mécanique.

1805. Sur la démonstration du principe des vitesses virtuelles dégagée de toute considération des infiniment petits.
(Ces infiniment petits « avec lesquels on peut dire tout ce qu'on veut », comme l'écrira en 1822 à Ampère l'un de ses correspondants qui, plus loin dans la même lettre ne nie pas « que tout ce que M. Ampère a fait ne soit très ingénieux », mais qui a peine à croire que tout cela tienne longtemps tel quel.)

1810. Il écrit à Roux Bordier :
« Je suis toujours enchanté des progrès de la chimie. Voilà toutes les terres décomposées, de nouveaux métaux généralement reconnus pour tels ; M. Davy soutenant que le gaz oxy-muriatique est un corps simple, un second oxygène qui acidifie l'hydrogène, le soufre, le phosphore... Vous savez qu'il y a deux ans que je disputais pour soutenir cette dernière opinion. Que le gaz oxy-muriatique soit simple ou non, on doit l'appeler simple puisqu'il n'est décomposé dans aucun cas connu, d'après la définition du corps simple dans la chimie moderne. C'est sa base fondamentale d'appeler ainsi tout corps dont on ne peut en aucune manière séparer des éléments plus simples. Or, il est bien démontré qu'on ne retire jamais l'oxygène de la combinaison du gaz oxy-muriatique avec une autre substance qu'autant que celle-ci en contient ; par exemple en le combinant avec l'hydrogène de l'eau où le métal d'un oxyde ou d'une terre ce qui est aujourd'hui la même chose... La pratique de la chimie va aussi bien que la théorie. Voici qu'on vient de prendre un brevet d'invention pour un moyen de fabriquer l'acide sulfurique et par conséquent la soude à dix fois meilleur marché qu'auparavant ; le succès est certain. »

1814. Démonstration de la relation découverte par Mariotte entre les volumes des gaz et les pressions qu'ils supportent à une même température.
Sur les différences partielles.
Sur quelques transformations et sur l'intégration des équations aux différences partielles.
Sur l'intégration des équations aux différences partielles.
Lettre à Berthollet sur la détermination des proportions dans lesquelles les corps se combinent d'après le nombre et la disposition respective des molécules dont les parties intégrantes sont composées.

C'est en 1814 aussi qu'Ampère retrouve l'hypothèse formulée en 1813 par le chimiste italien Avogadro : des volumes égaux de gaz mesurés dans les mêmes conditions contiennent le même nombre de particules élémentaires. L'importance de cette hypothèse ne fut d'ailleurs mise en lumière qu'en 1858 lorsque Cannizzaro la présenta comme une conséquence de la théorie cinétique de la matière, dont Clausius en 1857 avait précisé les conditions d'application.

Cette année 1814 fut décidément pour Ampère l'année de la chimie, si l'on en juge par la lettre qu'il écrivait le 3 septembre à Bredin, directeur de l'école vétérinaire de Lyon :

« ...Le seul plaisir qui me reste est d'apprendre les belles découvertes de Gay Lussac sur l'iode, le chlore et la chimie en général. Voilà donc toutes mes prédictions des cinq dernières années vérifiées et généralement admises. Voilà le chlore formant comme l'iode en se combinant à l'oxygène un acide tout semblable à l'acide sulfurique, voilà des éthers iodiques, une nomenclature nouvelle en tous les points où elle était devenue nécessaire, l'hydrogène sulfuré et l'acide muriatique débaptisés et prenant les noms d'acides hydrosulfurique et hydrochlorique. On imprime le travail de Gay Lussac dans les annales de chimie, il m'en fait lire les épreuves, j'en suis émerveillé, mais que tout cela est froid en comparaison du bonheur de l'amitié qui fuit loin de moi...

1815. Sur la démonstration d'un théorème nouveau d'où l'on peut déduire toutes les lois de la réfraction ordinaire et extraordinaire.

1816. Essai d'une classification naturelle pour les corps simples.

Et voici 1820 ; Ampère a 45 ans, l'âge moyen de la grande génération romantique puisque cette année-là, Berlioz a 17 ans, Victor Hugo 18, Delacroix 21, Lamartine 30, Lord Byron 32, Beethoven 50 et Gœthe 72.

En écoutant Arago, l'esprit universel d'Ampère fut en quelque sorte saisi d'une frénésie toute romantique qui, en quelques semaines, le précipitera dans un tel orage de découvertes que Maxwell, l'appelera plus tard le Newton de l'électricité.

Désormais, chaque lundi, l'Académie, entendra la lecture d'un mémoire d'Ampère.

18 septembre 1820, mémoire contenant des expériences qui lui sont propres et qui ajoutent

de nouveaux faits aux expériences de M. Œrstedt relatives à l'action du Galvanisme sur le magnétisme.

25 septembre 1820. Sur les effets produits sur l'aiguille magnétique par la pile voltaïque. M. Ampère annonce un fait nouveau, celui de l'attraction mutuelle de deux courants sans l'intermède d'aucun aimant. Il fait des expériences pour prouver ce fait et elles remplissent le reste de la séance.

9 octobre 1920. Troisième mémoire contenant la suite des recherches sur l'aimant, l'électricité et la pile.

18 octobre 1820. Note sur l'aimantation de l'acier par le courant électrique.

30 octobre 1820. Mémoire accompagné d'expériences nouvelles.

Cette première série de mémoires fut réunie et publiée dans les *Annales de Physique et de Chimie*, rédigée par Arago et Gay Lussac, sous le titre : « Mémoire sur l'action mutuelle de deux courants électriques, sur celle qui existe entre un courant électrique et le globe terrestre et celle de deux aimants l'un sur l'autre.

6 novembre 1920. Sur un nouveau fait relatif aux rapports du magnétisme et du galvanisme.

13 novembre 1920. Sur l'oxydation de l'un des fils de la pile tandis que l'autre conserve son éclat métallique.

4 et 11 décembre 1820. Sur la loi mathématique des attractions et répulsions des courants électriques.

26 décembre 1820. Exposition du moyen par lequel il est facile de s'assurer directement et par des expériences précises de l'exactitude de la loi des attractions et des répulsions des courants électriques.

Deux douzaines de mémoires relatifs aux mêmes sujets se succèderont encore jusqu'en 1827, époque à laquelle Ampère résuma ses travaux dans un :

« Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'expérience. »

Cet « uniquement » est certainement de trop et ce n'est pas diminuer la gloire d'Ampère que de signaler que sa théorie renferme des hypothèses occultes, principalement en ce qui concerne les courants ouverts sur lesquels Ampère n'avait aucun moyen d'expérimenter.

Sans entrer dans les détails de ce mémoire célèbre, voici, sous leur forme actuelle, les lois fondamentales énoncées par Ampère :

1° Le champ magnétique créé en un point quelconque de l'espace par un circuit parcouru par un courant change de sens avec le courant et est proportionnel à l'intensité du courant. (Ce sens est donnée par la règle du « bonhomme ».)

2° Le vecteur champ magnétique créé en un point quelconque de l'espace par un circuit fermé parcouru par un courant électrique est égal au vecteur induction magnétique créé en ce même point par un feuillet magnétique ayant même contour et même sens que le courant, dont la puissance est égale à l'intensité du courant.

Il en résulte le théorème d'Ampère :

La circulation du vecteur champ magnétique créé par un circuit parcouru par un courant, le long d'une courbe fermée passant une fois à l'intérieur de ce circuit, dans le sens qui va de la droite vers la gauche pour un observateur placé sur ce courant est $4\pi I$.

Enfin c'est aux courants particulaires cachés dans la masse de la matière aimantée qu'Ampère attribue les phénomènes que l'aimant produit.

L'ensemble des travaux d'Ampère, de 1820 à 1826, révèlent en même temps ses dons de mathématiciens, son talent d'expérimentateur et ses qualités d'inventeur dans le domaine pratique ; dans son mémoire du 25 septembre 1820, il avait en effet indiqué que les actions magnétiques des courants devaient permettre la réalisation du télégraphe électrique ; en fait son système était assez encombrant car il demandait une ligne pour chaque lettre de l'alphabet. Le premier télégraphe électrique ou plus exactement électrostatique avait été installé en 1798 entre Madrid et Aranjuez (42 km.).

En 1822 il inventa le solénoïde et montra que le courant qui y circule lui confert toutes les propriétés d'un barreau aimanté ; avec le concours d'Arago enfin, il construisit le premier électro-aimant.

Si le théorème d'Ampère conduit à la première des équations de Maxwell, il faut attendre la découverte de l'induction par Faraday pour obtenir les éléments de la seconde ; Ampère lui-même soupçonna peut être ces phénomènes d'induction car l'on trouve dans un de ses mémoires : « Le courant électrique a une tendance à mettre l'électricité en mouvement dans les conducteurs près desquels il passe. »

Sa correspondance avec Faraday montre qu'Ampère eut l'occasion d'étudier un véritable phénomène d'induction ; s'il n'en saisit pas alors l'importance, au cours de cette étude il réalisa cependant un dispositif de commutation ; il en sera question à propos de Faraday.

J. CHEVRIER.

Directenr du Centre d'études et de recherches mathématiques et physiques de Beyrouth.

LES MÉLANGES GRANULEUX

La fabrication des matériaux artificiels susceptibles d'être moulés pour prendre les formes dont on a besoin, joue un rôle de plus en plus grand dans l'Industrie moderne. On y est naturellement conduit à envisager une solution très souvent intéressante, non seulement pour économiser le produit moulable, mais même pour obtenir des qualités mécaniques meilleures, qui consiste à y introduire des éléments inertes vis-à-vis desquels il joue le rôle de liant. C'est ce que l'on fait par exemple dans le béton, où des cailloux inertes sont enrobés dans de la pâte liante de ciment et d'eau.

On obtient ainsi un bloc peu coûteux parce que la proportion de ciment y reste faible. On ne pourrait même pas d'ailleurs obtenir un résultat équivalent avec de la pâte de ciment pur, qui se fendillerait par retrait : le squelette de cailloux ne laisse place qu'à des couches de pâte pure assez minces pour que le retrait n'y produise pas d'effet fâcheux.

L'étude et le perfectionnement de ces matériaux mixtes a donc pour base l'étude des mélanges granuleux inertes qui leur servent de squelette. On voit immédiatement l'intérêt que présente la recherche d'un squelette de compacité élevée, c'est-à-dire dans lequel le volume vide, à remplir par le liant, est une fraction aussi faible que possible du volume total occupé.

En toute rigueur, on ne peut pas isoler complètement l'étude géométrique du squelette, car le liant pourra y apporter des modifications. Même dans le cas le plus favorable où ce liant est, au moment de la préparation, un liquide très fluide mouillant les éléments inertes, il pourra, si ceux-ci sont assez fins, apporter, par les forces capillaires, d'appréciables modifications à leur mise en place relative. Si le liant est, comme dans le cas de la pâte de ciment, un liquide tenant en suspension des éléments solides, ceux-ci déformeront le squelette initial en se glissant entre les grains inertes qui le constituent. Mais si les éléments solides du liant sont de dimensions beaucoup plus faibles que les plus petits éléments du squelette, cette altération géométrique ne correspond plus qu'à une petite correction, négligeable en première approximation et calculable en seconde approximation. C'est le cas particulièrement intéressant que j'ai caractérisé par l'appellation :« béton à ossature ».

Lorsque les dimensions des grains de ciment et des grains inertes font une suite continue, on ne peut étudier rationnellement que la granulométrie globale de l'ensemble des éléments solides. Au contraire, dans les *bétons à ossature*, il est légitime et très commode d'étudier la granulométrie de l'ossature, pour étudier ensuite son remplissage.

***

Pour définir le remplissage d'un béton à ossature il faut d'une part définir la *qualité* de la pâte employée, qui, pour un ciment donné, sera caractérisée par le rapport C/E des masses de ciment et d'eau, que l'on peut appeler le *rapport de richesse* ou plus succinctement la *richesse* ; on peut aussi la caractériser par le rapport inverse $h = E/C$, que nous appellerons la *dilution* de la pâte pure. Il faut, d'autre part, définir *quantitativement* le remplissage, c'est-à-dire comparer le volume $\mathcal{V}$ de pâte de ciment au volume V des vides de l'ossature inerte, et au volume V_0 qu'avaient ces vides avant l'insertion de la pâte.

Si l'on envisage seulement des bétons pleins (sans vides gazeux) à remplissage homogène (c'est-à-dire que la pâte est répartie uniformément dans l'ossature) on aura toujours $\mathcal{V} = V$, et l'on pourra définir la surcharge relative k par la relation $\mathcal{V} = V_0 (1 + k)$.

Toutefois, le vide relatif V_0 de l'ossature avant remplissage n'est pas défini sans ambiguïté, car il dépend de la vibration imposée à l'ossature, qui facilite la mise en place relative des éléments et diminue progressivement la valeur de V_0. On constate de plus que, si les grains sont humides, la même vibration aboutit à une valeur plus petite du V_0. Pour que k ait un sens précis, il faut que V_0 ait un sens précis : ce sera par exemple la valeur obtenue avec l'ossature bien sèche, vibrée dans un compacimètre donné, au moyen d'un dispositif vibrateur de puissance donnée, pendant un temps donné ou jusqu'à ce que la vitesse de variation du volume tombe au-dessous d'une limite donnée ; nous dirons alors que l'ossature est *normalement vibrée*.

Pour être sûr de bien enrober tous les éléments inertes, autrement dit pour réaliser un gâteau continu de pâte dans lequel ces éléments inertes seront noyés, il faut donner à k une valeur non nulle. Un des problèmes essentiels pour arriver à une fabrication rationnelle, consiste à déterminer jusqu'à quelle valeur k_1 on a intérêt à élever k. L'élever au delà de k_1 n'est pas seulement défavorable au point de vue économique, mais pourra conduire à des difficultés. Pour mettre en place le béton et chasser les bulles gazeuses en vue d'obtenir un béton plein, il faut en effet le vibrer, et, si la pâte est fluide elle risque d'être chassée en dehors de l'ossature par les éléments inertes qui tendent à venir prendre appui les uns sur les

autres ; on ne peut guère espérer réaliser des surcharges k importantes qu'avec des pâtes très riches, assez épaisses pour opposer une résistance suffisante à ces effets d'expulsion au cours de la vibration.

Il y a, entre la surcharge k et la dilatation relative η de l'ossature, une relation très simple pour les bétons pleins, obtenue en écrivant que le volume total est la somme des volumes des éléments inertes et de la pâte. On obtient ainsi :

$$1 + \eta = (1 - V_0) + V_0 (1 + k) = 1 + kV_0$$

ou $\eta = kV_0$ où V_0 est un nombre plus petit que l'unité, égal à la fraction vide de l'ossature sèche normalement vibrée.

***

Nous ne dépasserons pas ces quelques indications très succinctes relatives aux problèmes du remplissage, et nous examinerons seulement ceux qui concernent la constitution des ossatures granuleuses et spécialement l'étude de leur compacité. Nous continuerons d'ailleurs à envisager spécialement les ossatures de cailloux destinées à la fabrication des bétons de ciment.

Il y a lieu de signaler ici un phénomène psychologique curieux. Les premières études méthodiques ont été faites dans cette voie, à la fin du siècle dernier, par l'ingénieur français Féret, qui a créé la science des mélanges granuleux, ou *granulométrie*. Les expériences les plus célèbres de Féret, qui sont rappelées dans tous les manuels relatifs aux mortiers de ciment, ont mis en évidence le rôle entièrement favorable, au point de vue de la compacité, de discontinuités dans les dimensions des éléments inertes qui constituent un mélange granuleux. Or, malgré cette observation fondamentale qui aurait dû orienter toutes les études, les successeurs de Féret ont, pendant cinquante ans, fixé exclusivement leur attention sur les mélanges à granulométrie continue et dépensé tous leurs efforts vers la recherche de lois de granulométrie continues susceptibles de fournir des compacités aussi élevées que possible.

Ces lois se présentent sous la forme suivante. On appelle d la dimension linéaire caractéristique de la grosseur des cailloux [1], et p la fraction du volume total *réel* des éléments inertes qui est occupée par les éléments de dimension inférieure à d. On cherche alors à écrire une relation $p = f(d)$ aussi simple que possible qui conduise, lorsque d varie de façon continue depuis la dimension d_0 admise pour les grains les plus fins jusqu'à la dimension D admise pour les grains les plus gro à une compacité aussi élevée que possible.

Cette orientation tout à fait irrationnelle qui a pesé sur toutes les études granulométriques pendant un demi siècle, a deux causes. La première, c'est que les mélanges granuleux naturels, que l'on peut songer à utiliser comme matière première brute, ont en général des granulométries continues. La seconde, c'est le fétichisme des formules mathématiques, qui constitue, très souvent, pour les techniciens, le plus fâcheux des prismes déformants et le plus dangereux des mirages trompeurs. Les mathématiques classiques étudient les fonctions continues, et le désir d'écrire des formules mathématiques simples, dont l'élégance inspire une confiance souvent très injustifiée, fait que l'on s'hypnotise sur la recherche de fonctions continues [1].

Même si l'on fait abstraction des indications formelles des expériences de Féret en faveur des discontinuités de granulométrie, comment se pos rationnellement la question de la constitution à adopter pour l'ossature d'un béton ?

Il y a la solution simpliste d'utiliser tel que un mélange granuleux naturel. Mais nous envisagerons seulement le cas où l'on veut obtenir u béton de qualité, sans gaspillage de ciment. La première question qui se pose est alors de choisir dans un mélange naturel, les éléments que l'o utilisera pour constituer l'ossature, et dans quelle proportions on devra les utiliser, ou, si l'on pré pare les cailloux par broyage, d'organiser l'ins tallation de concasseurs pour obtenir les dimen sions désirables.

Une condition essentielle, d'une fabrication d qualité, c'est son invariabilité. Supposons que nou ayons choisi pour l'ossature une loi de granulo métrie continue $p = f(d)$ donnant une compacit que nous jugeons convenable. Pour la mainten invariable, il faut maintenir invariables tous l rapports entre les volumes propres d'un nombr infini de composants correspondant à toutes l dimensions depuis d_0 jusqu'à D. C'est pratiqu ment impossible à faire, et même à contrôler.

On ne peut réaliser à coup sûr l'ossature inva

(1) Ce sera par exemple leur diamètre maximum, c'est-à-dire le diamètre des trous circulaires d'une passoire qui laisse passer les cailloux considérés, alors que la passoire $d - \varepsilon$ les arrête ; ce pourra être, si l'on veut introduire une caractéristique plus rationnelle, la *grosseur* $g = 10 \frac{v}{s}$ proposée par M. Caquot (v = volume d'un grain ; s = surface de ce grain).

(1) Il ne s'agit pas ici, pour un théoricien, de reprocher au ingénieurs de trop faire appel à la théorie, mais de les mettre garde contre la *fausse théorie* et la confiance *a priori* dans l formules mathématiques simples.

J'éprouverais quelque gêne à énoncer cette observation qui fait un peu figure de critique à l'adresse des ingénieurs si je n'avais eu le plaisir de la voir formuler aussi par un ing nieur de grand talent, M. Vallette, qui, ayant obtenu dans c dernières années, des résultats remarquables avec des béto à granulomètres discontinues, s'est demandé pourquoi il ava lui-même, comme tout le monde, sacrifié pendant si longtem au faux dieu de la granulométrie continue.

riable que réclame une fabrication de haute qualité qu'en utilisant un petit nombre d'éléments individuellement invariables. Cette dernière condition semble réclamer une dimension déterminée avec précision ; mais il ne peut pas être question de cela pratiquement. D'ailleurs, cela n'aurait de sens que si tous les cailloux avaient rigoureusement la même forme géométrique, alors qu'ils ont des formes irrégulières. Pratiquement, on se contente de les séparer au moyen de passoires, c'est-à-dire en fonction de leur plus grand diamètre. Mais si l'on prétendait isoler les éléments séparables au moyen de deux passoires dont les diamètres seraient infiniment voisins l'un de l'autre, on n'obtiendrait rien. Pratiquement, il ne peut être question d'isoler que des éléments que nous appellerons *pseudo homogènes*, c'est-à-dire compris entre deux passoires de diamètres d_1 et d_2 plus ou moins voisins l'un de l'autre, et nous pourrons appeler *largeur* d'un tel élément le rapport $\frac{d_2}{d_1}$, plus grand que l'unité.

Un élément pseudo homogène est donc en réalité un mélange à granulométrie continue, où la dimension d varie entre d_1 et d_2. Il comporte donc l'élément de variabilité déjà signalé pour les mélanges continus, c'est-à-dire les variations accidentelles des proportions relatives de grains des diverses dimensions comprise entre d_1 et d_2. Mais les variations des propriétés globales seront d'autant moins sensibles que les éléments dont les proportions se trouvent accidentellement altérées seront moins différents les uns des autres, c'est-à-dire que la *largeur* $\frac{d_2}{d_1} = \lambda$ sera plus voisine de l'unité.

Par conséquent, si l'on veut obtenir une ossature que nous pourrons appeler *de précision*, c'est-à-dire bien invariable au cours de la fabrication, il faudra la constituer avec un petit nombre d'éléments pseudo homogènes de faible largeur λ (cela veut dire que $\lambda - 1$ sera petit). Ce sera donc une ossature essentiellement *discontinue*.

Si l'on part d'une ballastière naturelle de composition continue, il faut alors séparer ses éléments par une série de cribles dont les diamètres successifs sont dans le rapport λ . Le fait que l'on prendra, pour faire un béton, par exemple trois de ces éléments, ne veut d'ailleurs pas dire que l'on perdra les autres, car on peut y prélever d'autres groupes de trois éléments pour fabriquer parallèlement d'autres bétons.

Si l'on prépare les éléments par broyage, on pourra organiser l'installation pour qu'elle fournisse directement les éléments pseudo homogènes désirés.

***

Il est extrêmement remarquable que la directive à laquelle on est ainssi inévitablement conduit si l'on veut obtenir des ossatures invariables, et par conséquent des bétons de qualité invariable, aboutit de plus aux ossatures les plus avantageuses, parce qu'elles sont les plus compactes et permettent d'économiser le ciment.

Comme on l'a rappelé plus haut, les expériences de Féret sur les mortiers, auraient déjà dû, il y a cinquante ans, orienter immédiatement les études dans cette voie. Elle s'impose *a priori* si l'on se réfère à la théorie établie par Caquot il y a une dizaine d'années.

La granulométrie, créée par un ingénieur français, sous la forme d'une science expérimentale, a, en effet, été complètement rénovée par un autre ingénieur français qui en a fait une théorie rationnelle.

La base de la théorie de Caquot, c'est l'introduction d'une notion si essentielle — et d'ailleurs si simple — qu'on s'étonne qu'elle ne se soit pas plus rapidement imposée à l'attention : c'est la notion d'effet de paroi.

Imaginons une masse indéfinie de cailloux homogènes ; elle a une certaine compacité σ, c'est-à-dire que, dans un volume global V que nous découpons par la pensée, il y a le volume $V.\sigma$ de cailloux et le volume $V(1 - \sigma)$ de vides.

Mais, si nous plaçons les mêmes cailloux dans un récipient à parois rigides de volume V, les cailloux viennent buter contre ces parois, au voisinage desquelles ils ne peuvent plus s'imbriquer les unes dans les autres comme ils le faisaient dans la masse indéfinie et comme ils le font encore pratiquement dans les régions du récipient qui ne sont pas très proches des parois. On voit immédiatement qu'il en résulte des vides supplémentaires au voisinage des parois, proportionnels à la surface totale S de ces parois, si du moins on néglige les complications supplémentaires qui s'introduisent dans les régions où les rayons de courbure de la paroi cessent d'être grands vis-à-vis des dimensions linéaires des cailloux. On voit immédiatement que le vide supplémentaire ainsi produit au contact de chaque unité de surface de paroi est d'autant plus grand que les cailloux sont plus gros, et que, pour des cailloux géométriquement semblables, il varie proportionnellement à la dimension linéaire d caractéristique des cailloux considérés. Il dépend d'autre part de la forme géométrique de ces cailloux, laquelle introduit un facteur caractéristique, et l'on peut écrire en première approximation le vide total sous la forme $V(1 - \sigma) + \xi\, S.d$. Les cailloux ont donc, *dans le récipient considéré*, une compacité moyenne σ' plus petite que leur compacité σ en masse indéfinie ; elle est déterminée en écrivant que leur volume $V\sigma'$ est

égal au volume V du récipient diminué du volume des vides, soit

$$V\sigma' = V - \left[V(1-\sigma) + \xi Sd\right] = V\sigma - \xi Sd$$

d'où

$$\sigma' = \sigma - \xi . \frac{S}{V} d.$$

Son altération est donc proportionnelle à la dimension linéaire d des cailloux et inversement proportionnelle au rapport $\frac{V}{S}$ qu'une tradition regrettable (1) désigne sous l'appellation de *rayon moyen* du récipient.

Une première conséquence importante, et immédiate, de l'effet de paroi, c'est qu'il conduit à modifier, en fonction des dimensions du moule ou plus précisément de son *rayon moyen*, les proportions des cailloux de diverses grosseurs à mélanger pour obtenir l'ossature la plus compacte. On s'en rend compte immédiatement dans le cas simple d'un mélange de gros et de petits cailloux, où il faut visiblement forcer la proportion de petits cailloux, par rapport à ce qu'elle doit être en masse indéfinie, pour remplir les vides supplémentaires dûs à l'effet de paroi.

Mais l'application la plus originale de la notion d'effet de paroi a été faite par M. Caquot à l'étude des mélanges granuleux non homogènes, dont elle lui a permis d'édifier une théorie rationnelle.

Considérons un mélange binaire en masse indéfinie de deux espèces de cailloux homogènes que nous supposerons géométriquement semblables, avec des dimensions linéaires homologues dans le rapport $\alpha > 1$ que nous apellerons *rapport de discontinuité*. Si α est beaucoup plus grand que 1, les surfaces des gros cailloux jouent le rôle de parois vis-à-vis des petits cailloux qui remplissent les vides laissés entre elles. Les pertes par effet de paroi correspondantes, jouent un rôle essentiel dans l'étude de la variation de compacité des mélanges en fonction de la proportion des deux éléments.

La compacité σ du mélange est la somme des volumes σ_2 de gros grains et σ_1 de petits grains contenus dans l'unité du volume de mélanges. Pour l'un ou l'autre élément pur, la compacité a une certaine valeur σ_0.

Introduisons des petits grains 1 dans l'ossature constituée par les gros grains 2 initialement purs. Ils ont un double effet. D'une part, en se glissant entre les gros grains, ils dilatent l'ossature dans un certain rapport en volume $(1 + \eta)$, c'est-à-dire que σ_2 devient égal à $\frac{\sigma_0}{1+\eta}$. D'autre part, ils

(1) On a, pour une sphère, $\frac{\frac{4}{3}\pi R^3}{4\pi R^2} = \frac{R}{3}$, d'où l'énoncé ridicule : le rayon moyen de la sphère est égal au tiers de son rayon.

remplissent les vides $\left(1 - \frac{\sigma_0}{1+\eta}\right)$ de cette os[...] ture avec une compacité moyenne propre qui, mê[...] lorsque le remplissage est complet, reste inférie[...] à σ_0 du fait des pertes par effet de paroi, et l[...] obtient en première approximation, dans l'un[...] de volume du mélange, lorsque le remplissage [...] complet, le volume partiel

$$\sigma_1 = \left(1 - \frac{\sigma_0}{1+\eta}\right)\sigma_0 - \xi \frac{S}{1 - \frac{\sigma_0}{1+\eta}} d_1$$

Mais la surface totale S des gros grains conten[...] dans l'unité du volume est, en appelant Σ c[...] de grains géométriquement semblables de dim[...] sion $d = 1$ dans l'unité de volume d'une ossat[...] non dilatée, de la forme $S = \frac{\Sigma}{d_2(1+\eta)}$

On arrive donc à

$$\sigma_1 = \left(1 - \frac{\sigma_0}{1+\eta}\right)\sigma_0 - \xi\Sigma \frac{d_1}{d_2(1+\eta-\sigma_0)}$$

ou

$$\sigma_1 = \left(1 - \frac{\sigma_0}{1+\eta}\right)\sigma_0 - \frac{\xi\Sigma}{1+\eta-\sigma_0} . \frac{1}{\alpha}.$$

La compacité totale est alors :

$$\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 = \sigma_0\left(1 + \frac{1}{1+\eta}\right) - \frac{\sigma_0^2}{1+\eta} - \frac{\xi\Sigma}{1+\eta-\sigma_0} [...]$$
$$= \sigma_0 + \sigma_0 \frac{1-\sigma_0}{1+\eta} - \frac{\xi\Sigma}{1+\eta-\sigma_0} . \frac{1}{\alpha}.$$

Dans le cas particulier où α est infiniment gra[...] c'est-à-dire où les dimensions des petits grains so[...] négligeables auprès de celles des gros, et où [...] effets de paroi sont de ce fait négligeables, la di[...] tation η reste nulle tant que le remplissage n'[...] pas complet ; σ augmente alors progressiveme[...] de σ_0 (valeur invariable de σ_2) à $[\sigma_0 + \sigma_0 (1 - \sigma_0$[...] Si l'on continue les additions de petits grains [...] on provoque alors une dilatation η croissante, [...] à partir de ce maximum, la compacité

$$\sigma = \sigma_0 + \sigma_0 \frac{1-\sigma_0}{1+\eta}$$

diminue progressivement pour tendre vers [...] lorsque la dilatation $(\eta = \infty)$ tend à expul[...] complètement les gros grains 2 initialement p[...] sents dans l'unité du volume, c'est-à-dire que l[...] tend vers les petits grains purs.

Cette diminution progressive de la compac[...] totale est évidente *a priori*, puisque l'on expu[...] des gros grains de matière massive, pour les re[...] placer par un milieu pulvérulent (petits grai[...] de compacité propre $\sigma_0 < 1$.

Lorsque la discontinuité α n'est plus infi[...] une dilatation $\eta > 0$ de l'ossature de gros grai[...] se produit dès le début de l'insertion des pe[...] grains ; elle va en variant progressivement a[...] la proportion de petits grains. A mesure qu[...] diminue, tout en restant assez grand par rappo[...]

D'autre par justifier encore les approximations ment pa courbe de variation de la compacité σ, talli tion de la proportion croissante de petits ains, depuis σ_0 pour le gros grains pur, jusqu'à $_0$ pour le petit grain pur, se déforme par conti- uité, et continue par conséquent à comporter n maximum. Mais ces courbes deviennent de oins en moins renflées au-dessus de la droite $= \sigma_0$ qui joint leurs deux points fixes extrêmes, ar les vitesses de variation de σ en fonction de la roportion de grains fins diminuent. Cela est immé- iatement évident pour la partie de la courbe orrespondant aux mélanges riches en grains fins, ar l'augmentation de compacité globale, qui cor- espond au remplacement d'un ensemble de petits rains de compacité σ_0 par un gros grain de vo- ume propre donné, diminue à mesure qu'augmente e volume de l'ensemble pulvérulent expulsé ; or elui-ci est égal à la somme du volume propre du ros grain et des volumes perdus par effet de paroi sa surface, et ce dernier terme augmente lorsque diminue. C'est également vrai dans la région de a courbe correspondant aux mélanges riches en ros grains, où la discussion est un peu plus com- lexe ; cela tient à ce que, à mesure que les di- nensions des petits grains sont moins négligeables is-à-vis de celles des gros, pour une même aug- entation de la proportion de petits, la diminution e σ_2 s'aggrave par suite d'une plus grande dila- ation η, et l'augmentation de σ_1 est freinée par 'aggravation des pertes par effet de paroi.

De cette variation générale de la courbe, il ésulte que la compacité maximum réalisable pour une proportion convenable) dans un mélange inaire, diminue en même temps que la disconti- uité α entre les deux éléments qui les composent.

Lorsque α cesse d'être grand vis-à-vis de l'unité, es approximations que nous avons utilisées cessent 'être légitimes. Mais lorsque $\alpha = 1$, c'est-à-dire orsque les deux éléments deviennent géométrique- nent identiques, on peut indifféremment remplacer un par l'autre sans qu'il en résulte de modification e la compacité qui reste invariablement égale à $_0$. Il est alors bien clair, par continuité, que, orsque α continue à diminuer vers la valeur 1, a courbe de variation de la compacité σ en fonc- on de la proportion du mélange, continue à 'aplatir pour arriver à sa forme limite qui est la roite $\sigma = \sigma_0$.

On peut donc étudier méthodiquement les ompacités réalisables dans les mélanges binaires, discontinuité α assez grande, et les résultats onduisent, par une extrapolation d'apparence ssez légitime, à prévoir les compositions de compa- té maxima des mélanges ternaires, quater- aires... et les valeurs de ces compacités. Ces pré- isions sont d'ailleurs à vérifier par des expériences étendues systématiquement conduites. Dès maintenant, il apparaît hors de doute que des ossatures discontinues ternaires ou quaternaires ont des compacités très supérieures à celles des meilleures ossatures continues, et probable qu'on n'aura pas avantage à élever au-dessus de 3 le nombre des composants pseudo homogènes.

***

La détermination rationnelle de l'ossature d'un béton, comportera alors de choisir : la dimension moyenne d de l'élément le plus petit, la dimension moyenne D de l'élément le plus gros, le nombre $(n - 2)$ des éléments intermédiaires, et la largeur λ de ces éléments pseudo homogènes (ou éventuellement leurs diverses largeur λ_1, λ_2, λ_3). La discontinuité α, si elle est la même partout, sera déterminé par la relation $\alpha^{n-1} = \frac{D}{d}$; mais il n'est pas exclu d'adopter, pour une meilleure utilisation des matériaux dont on dispose, des discontinuités diverses α_2, α_3... α_n.

La dimension D est limitée par les moyens de mise en œuvre. Pour d, on sera guidé par le souci de supprimer les éléments inertes très fins, qui adsorbent beaucoup d'eau et imposent des dilutions $h = \frac{E}{C}$ élevées (incompatibles avec de hautes résistances mécaniques), et qui rendent difficile la constitution d'un gâteau continu de pâte pure enrobant tous les éléments inertes (désirable aussi bien pour l'imperméabilité que pour la résistance mécanique). On sera d'ailleurs limité, pour élever d, parce que cela diminue la compacité de l'ossature (d'où augmentation de dépense de ciment) et que cela peut conduire à un béton trop rèche.

Pratiquement $\frac{D}{d}$ ne dépassera guère des valeurs de l'ordre de 125, de sorte que, pour $n = 4$, la discontinuité $\alpha = (125)^{\frac{1}{3}} = 5$ est déjà assez petite pour comporter d'importantes pertes par effet de paroi, dont l'effet défavorable, au point de vue de la compacité, l'emportera sur l'effet favorable d'une augmentation du nombre des composants.

On notera, en effet que, même si l'on pouvait maintenir des discontinuités α infinies, les gains de compacité réalisables en augmentant le nombre des composants deviendraient vite négligeables. En effet, les volumes occupés seraient $(1 - \sigma_0)$ pour le second composant, $(1 - \sigma_0)^2$ pour le troisième, $(1 - \sigma_0)^3$ pour le quatrième, c'est-à-dire seraient les termes successifs, très rapidement décroissants, d'une progression géométrique de raison très inférieure à l'unité.

Ainsi s'explique la conclusion annoncée que l'on aura vraisemblablement avantage à s'en tenir à une ossature ternaire.

Il reste à déterminer les proportions des éléments composants. En première approximation, ce sont celles qui réalisent l'ossature de compacité maximum. Mais si l'on veut, en toute rigueur, obtenir la solution la plus avantageuse, il faut y apporter de légères corrections. Le volume de pâte de ciment nécessaire est en effet la somme du volume utilisé pour l'enrobement des éléments inertes et du volume des vides restant après cet enrobement.

Lorsque les dimensions des plus petits grains inertes restent grandes vis-à-vis de celles des grains de ciment, le volume d'enrobement reste faible auprès du volume des vides. La correction à apporter aux proportions de compacité maximum est alors faible, et c'est encore un avantage des bétons à ossature qu'ils se prêtent à des calculs faciles.

Ces calculs deviennent surtout simples lorsque l'ossature comporte un petit nombre de composants très discontinus. Le volume d'enrobement n'est alors notable que pour le plus petit composant, dont il y a intérêt à diminuer un peu la proportion.

Grâce à la facilité — et d'ailleurs à la faible importance — de ces corrections, le calcul des bétons à ossature est beaucoup plus rationnel et plus commode que celui des bétons cla·de cette o lesquels le ciment fait partie de l'ensemb qui, mé lométrique. En effet, la proportion de cime dans ceux-ci un facteur essentiel de la compaci globale, qui détermine la proportion d'eau néce saire pour son remplissage correct, et si la richess $\frac{C}{E}$ qui en résulte ne convient pas, on est conduit altérer l'un et l'autre par des tâtonnments et des so lutions bâtardes. Il est beaucoup plus clair de réa liser, avec la surcharge que l'on jugera désirabl le remplissage d'une ossature de compacité bie définie, au moyen d'une pâte dont on choisira l dilution $h = \frac{E}{C}$ dans le domaine des valeurs accep tables au point de vue de la maniabilité.

Les bétons à ossature, à trois — ou au maximu quatre — éléments pseudo homogènes, que nou désignons sous le nom de *néobétons*, réaliseront de *bétons de précision*, à condition qu'on y évite le incertitudes sur le dosage d'eau qu'entraîne un humidité variable de ces éléments.

JEAN VILLEY,

Professeur à la Faculté des Sciences d Paris.

LA MISE EN PLACE DES MASSES MINÉRALES DANS L'ÉCORCE TERRESTRE (1)

Les modes de formation des roches qui affleurent à la surface du globe ou qui sont accessibles aux investigations de l'homme posent une infinité de problèmes qu'il ne saurait être question d'examiner dans une seule conférence. Je devrai donc ce soir me limiter à l'examen de quelques problèmes essentiels relatifs à l'origine des roches et à leur mise en place, en indiquant, sinon leur solution définitive, du moins les méthodes utilisées pour les résoudre et les résultats déjà obtenus.

Parmi les roches qui constituent l'écorce terrestre, il en est dont l'origine est évidente. C'est le cas en particulier pour la plupart des roches sédimentaires ; elles sont en effet stratifiées, renferment souvent des débris d'organismes fossiles et, par conséquent, dérivent indiscutablement d'anciens sédiments comparables à ceux dont nous observons le dépôt de nos jours dans les mers, dans les lacs ou dans les cours d'eau. Des transformations plus ou moins importantes réunies sous les noms de diagenèse ou de lapidification ont toutefois modifié les caractères physiques et parfois même chimiques des anciens sédiments, mais pas au point, sauf cas exceptionnels, de les rendre mé connaissables.

Les problèmes posés par l'étude de telles roches n'ont guère trait qu'à la recherche du type de dépôt qui a pu leur donner naissance, ainsi qu'aux processus suivant lesquels cette transformation s'est faite. Malgré leur grand intérêt ce sont des problèmes secondaires que nous laissons de côté.

Les roches volcaniques ont aussi une origine qui, pour la plupart d'entre elles, est évidente puisque nous observons fréquemment la formation de telles roches par solidification des laves issues des volcans en activité. C'est seulement la genèse des laves qui pose des problèmes que nous serons amenés à envisager par la suite.

A côté des roches sédimentaires et des roches volcaniques, il existe à la surface du globe d'autres formations géologiques au sujet desquelles l'étude de la nature actuelle ne nous donne aucune information. Ce sont pour la plupart des roches constituées en totalité par des éléments minéraux nettement cristallisés et n'ayant subi aucun remaniement, ainsi qu'en présentent fréquemment les cristaux appartenant à des roches sédimentaires

(1) Conférence faite par M. Barrabé dans la série « Enseignement et Culture », organisée par l'Union Française Universitaire.

D'autre part, ces roches ne comportent généralement pas de verres dépourvus de propriétés cristallines tels qu'en renferment très souvent les roches volcaniques.

Parmi ces roches cristallines les géologues ont distingué depuis longtemps deux types bien distincts :

1° L'un présente, sauf cas exceptionnels, une répartition sans ordre apparent des diverses espèces minérales cristallines qui s'y rencontrent. Nous nommerons suivant l'usage « *roches éruptives de profondeur* » les roches qui appartiennent à ce type, mais sans attacher au terme éruptif un sens génétique, du moins provisoirement ;

2° L'autre type comprend des roches présentant le plus souvent une texture rubanée bien visible, due au mode de répartition et à l'orientation des minéraux qui la constituent : certains minéraux se concentrent dans des lits plus ou moins réguliers, tandis qu'ils manquent ou sont rares dans les intervalles séparant ces lits. Ce sont les *roches cristallophylliennes* ou *schistes cristallins*.

Les roches cristallophylliennes affleurent dans de vastes régions de la surface du globe, telles que le Canada, la Sibérie centrale, l'Inde, l'Australie, l'Afrique centrale, le Brésil et, en Europe, la Scandinavie, le Massif Central français et la Bohême. Ces schistes cristallins présentent presque toujours une disposition stratifiée due à l'alternance de bancs de constitution différente, mais souvent compliquée par des plissements et rappelant beaucoup la manière d'être des roches sédimentaires.

Les roches éruptives de profondeur, par contre, constituent des affleurements moins étendus, parfois même très réduits, présentant des formes variées et qui coupent souvent d'une manière absolument quelconque les formations sédimentaires ou cristallophylliennes au milieu desquelles ils se rencontrent. Ces massifs éruptifs ne présentent généralement pas trace de stratification. Une étude des conditions de gisement de ces roches montre qu'elles constituent de véritables corps étrangers de formes variées au milieu des roches encaissantes. Parfois ce sont des lames à faces à peu près parallèles, qui coupent obliquement les strates environnantes, on les nomme *filons* ou *dykes* ; parfois ces lames sont interstratifiées entre deux couches de roches encaissantes, ce sont des *filons-couches* ou *sills* ; dans d'autres cas, ce sont des colonnes subverticales, plus ou moins cylindriques : *necks*, *cheminées*, *plugs*, etc... Parfois encore la roche éruptive constitue de gros massifs qui ont reçu des noms variés suivant leur forme, mais que l'on groupe généralement en *batholithes* quand le massif tend à s'élargir en profondeur et en *laccolithes* quand il présente une allure lenticulaire biconvexe, plan-convexe ou concavo-convexe s'intercalant entre des couches sédimentaires ou cristallophylliennes qu'elles déforment souvent, et qui constituent aussi le substratum des laccolithes.

Souvent les roches sédimentaires, se trouvant au contact direct ou à faible distance des massifs éruptifs, ont suvi une transformation dite « *métamorphique* », qui développe ou accentue leur caractère cristallin et provoque aussi fréquemment l'apparition de minéraux nouveaux. Les roches ainsi modifiées peuvent présenter un aspect très voisin sinon identique à celui des roches cristallophylliennes, mais elles ne constituent qu'une auréole plus ou moins large autour des massifs éruptifs.

Le *métamorphisme* peut aussi affecter les roches cristallophylliennes ou même d'anciennes roches éruptives traversées par un appareil éruptif, mais, bien entendu, leurs transformations sont beaucoup moins apparentes que celles subies par des roches sédimentaires.

Les massifs de roches éruptives sont souvent aussi accompagnés d'un cortège de *gîtes métallifères* situés soit à l'intérieur, soit à des distances plus ou moins grandes de ces massifs. Ces gîtes métallifères sont des concentrations de minerais associés tantôt aux éléments de la roche éruptive, tantôt à d'autres minéraux ; ils constituent parfois des nids diffus ou bien définis, ou encore des filons qui peuvent prendre naissance dans le massif éruptif, mais qui se poursuivent à l'extérieur sur de très grandes distances.

C'est essentiellement l'origine et le mode de formation des roches éruptives profondes d'une part, et des roches cristallophylliennes d'autre part, que nous allons chercher à préciser maintenant, et nous verrons que ces deux problèmes sont étroitement liés.

L'origine de ces roches cristallines, contrairement à celle des roches sédimentaires ou des roches volcaniques, n'est pas évidente et a été très controversée. A la fin du XVIIIe siècle, un Ecossais, Hutton, avec son école dite « plutonienne », considérait que les roches cristallines telles que le granite résultaient de l'injection et de la consolidation, dans les roches sédimentaires constituant la zone superficielle de l'écorce terrestre, de magmas fondus provenant de régions plus profondes ; en même temps, les roches sédimentaires ainsi envahies par les magmas, auraient été plus ou moins fortement transformées par la chaleur, pour donner naissance à des roches cristallophylliennes. Les filons métallifères, comme les filons éruptifs auraient été, pour Hutton, constitués par l'injection et la consolidation de véritables magmas fondus.

A la même époque, un Allemand, Werner, exposa des vues toutes différentes sur l'origine des roches cristallines. Pour lui et son école dite « neptunienne »,

les roches telles que le granite se seraient formées par cristallisation, au sein des eaux d'un océan primitif encore très chaud, des substances les plus pures, puis plus tard, par suite de mélange d'impuretés aux sels cristallisés, se seraient déposés les schistes cristallins ; enfin, progressivement, les éléments détritiques et les boues prenant de plus en plus le pas sur les sels cristallins, les sédiments normaux auraient peu à peu remplacé les schistes cristallins. Werner, qui faisait jouer ainsi un rôle essentiel à l'eau dans la formation de presque toutes les roches, admettait que même les basaltes qui s'observent parfois interstratifiés dans des roches sédimentaires devaient avoir aussi une origine analogue. Enfin, pour lui, les filons métallifères auraient été déposés par des eaux superficielles dans les fissures de roches déjà consolidés.

Malgré un grand succès initial, la théorie de Werner ne put pas résister longtemps aux arguments de Hutton et de ses partisans. En particulier, une origine totalement différente pour les basaltes qui se forment sous nos yeux par solidification de laves et des basaltes qui s'observent interstratifiés dans des roches sédimentaires, n'était évidemment pas soutenable.

Les idées de Hutton ont ainsi joué un rôle capital pendant tout le siècle dernier et jusqu'à nos jours ; cependant, bien des retouches ont été apportées à la vieille théorie plutonienne qui a été considérablement modifiée sur certains points.

A l'heure actuelle, la formation de certaines roches éruptives à partir de magmas en fusion ne peut plus faire de doute. Dans d'anciens volcans profondément disséqués par l'érosion, notamment à la Réunion, s'observent, au milieu de roches volcaniques, de tufs et de cinérites, des filons de roches éruptives grenues, telles des syénites ou des gabbros, ayant la même composition chimique et approximativement la même constitution minéralogique que les roches volcaniques provenant de la consolidation des laves autrefois émises par ces volcans. Il ne paraît pas douteux par suite que le même magma ait pu donner naissance suivant les conditions de refroidissement à des roches grenues en profondeur et à des roches volcaniques microlithiques en surface.

Bien souvent les produits de projection des volcans comportent des blocs de roches éruptives grenues qui ont aussi des parentés étroites avec les laves issues de ces mêmes volcans. Il est difficile de ne pas admettre une origine commune à partir d'un même magma pour ces blocs et pour les laves.

D'autre part, dans certaines régions, notamment à Madagascar où j'ai eu l'occasion d'en étudier personnellement un exemple, il existe des laccolithes qui, au lieu d'être encaissés dans des roches sédimentaires, sont en place dans des roches volca-niques alternant avec des tufs ou des produit de projection. Les gabbros qui constituent la zon profonde des laccolithes passent latéralement des roches à grain fin et à des roches volcanique basiques. De même les granites qui surmonten les gabbros ont pu être en relation avec les coulée de laves acides de même composition situées au voisinage.

Cette disposition m'a fait admettre que ce laccolithe a crevé sa voûte sédimentaire pour s'épancher latéralement en coulées de laves d'abord basiques à la base, puis acides, plus tard, à sa partie supérieure. Bien que cette hypothèse m'ait paru la plus vraisemblable, on pourrait aussi concevoir, comme l'a fait un géologue allemand, H. Cloos, pour des appareils éruptifs analogues de l'Afrique australe, que le laccolithe s'est mis en place dans des formations volcaniques un peu plus anciennes.

Dans un cas comme dans l'autre, il n'est pas douteux que les mêmes appareils donnent naissance à des roches grenues profondes d'une part, et à des roches volcaniques superficielles d'autre part. Le tout dérivé évidemment d'un même magma, soit au même moment, soit à des époques différentes.

Il ne semble donc pas discutable que les magmas qui s'épanchent à la surface du sol pour donner lieu à des coulées volcaniques peuvent également, en profondeur, constituer des laccolithes de roches grenues qui ont déplacé et soulevé les strates des roches sédimentaires encaissantes. D'autres observations montrent que, fréquemment, de gros massifs intrusifs de roches grenues, de granite par exemple, émettent des filons qui, à quelque distance de leur origine, deviennent microgrenus c'est-à-dire microgranitiques dans notre exemple puis microlithiques, c'est-à-dire rhyolitiques. In versement, dans des coulées de laves épaisses, la solidification lente des zones les plus internes a permis une cristallisation parfois totale de la roch volcanique qui ne comporte plus de verre et pren un caractère de roche éruptive de profondeur.

Nous arrivons donc à la conclusion que certaine roches éruptives grenues, aussi bien des granite que des gabbros, peuvent être formées à parti de magmas comparables à des laves.

Cette vérification partielle de la vieille théori de Hutton peut conduire à admettre que tous le massifs éruptifs, quelle que soit leur nature, s sont constitués par des processus analogues ceux qui ont donné naissance à des laccolithe c'est-à-dire par injection, puis solidification, d magmas d'origine profonde. C'est la manière d voir de la plupart des géologues américains et par ticulièrement de Bowen.

Les variations dans la nature des roches q

naissance à d tel édifice intrusif ont été expliquées es roches ites hypothèses dans le détail desquelles lues à pas la possibilité de m'étendre ; je me contenterai seulement de vous exposer le principe des deux principales d'entre elles. L'une fait intervenir le phénomène de liquation ou séparation par ordre de densité de deux bains liquides au-dessous d'une certaine température, alors qu'aux températures plus élevées, ces deux bains sont parfaitement miscibles. L'autre hypothèse est basée sur la séparation, également sous l'action de la pesanteur, des minéraux qui cristallisent les premiers au cours du refroidissement d'un magma fondu. On peut par l'un de ces processus nommés différenciation magmatique, expliquer la structure en zones superposées de composition minéralogique différente de bien des intrusions.

Les études de divers batholithes granitiques dues à des géologues et pétrographes français tels que Auguste Michel-Lévy et M. Alfred Lacroix ont toutefois mis en évidence des différences considérables entre ces intrusions et celles qui ont été décrites précédemment, malgré les analogies existant entre les roches qui les constituent.

Les gros massifs granitiques pyrénéens, en particulier celui de Milhas-Quérigut que traverse la haute vallée de l'Aude, n'ont manifestement pas écarté les formations sédimentaires encaissantes pour se faire une place, mais, au contraire, ils semblent les avoir absorbées ou « digérées » sans les avoir dérangées sensiblement, car certains niveaux, tels que des bancs calcaires moins « digestibles », si l'on peut s'exprimer ainsi, se poursuivent encore reconnaissables à travers le massif granitique, alors que les schistes ou les grès voisins ont été entièrement assimilés par le granite. Il faut toutefois noter que les roches sédimentaires de toute nature qui entourent le massif granitique sont transformées, c'est-à-dire métamorphisées au voisinage de la roche éruptive suivant une large auréole. Toutefois, autour de massifs voisins, cette auréole est plus étroite et peut même manquer. De tels batholithes granitiques n'ont pas été constitués à coup sûr par un magma visqueux qui aurait été injecté dans la série sédimentaire, comme c'était le cas pour les laccolithes malgaches. Ici, il faut admettre, si le massif résulte également de la consolidation d'un magma, que ce dernier était extrêmement fluide et a pu imprégner en les digérant les roches sédimentaires sans les déranger sensiblement. En même temps, des émanations gazeuses ou liquides de ce magma auraient traversé sur des épaisseurs plus ou moins grandes les roches encaissantes qui, de ce fait, ont été métamorphisées. C'est là l'hypothèse adoptée généralement par les géologues français.

Des observations plus récentes encore concernant certains *grands massifs granitiques* qui affleurent dans les *régions de schistes cristallins*, plus particulièrement de gneiss auxquels ils passent par gradations insensibles, vont nous montrer des conditions de mis en place bien différentes de celles que nous avons déjà observées. C'est en Finlande que de tels massifs ont été d'abord étudiés, mais on en connaît de semblables dans le Massif Central français.

Contrairement à ce qui s'observait dans les cas précédents, la limite précise du granite et de la roche encaissante est ici impossible à déterminer. Si, partant des gneiss francs, en se rapprochant du granite on observe les variations présentées par les roches des zones de transition, on observe que le gneiss normal, à mica noir, disposé en lits qui donnent à la roche un aspect régulièrement rubané, perd peu à peu ce caractère ; les alignements de micas noirs, au lieu d'être disposés dans des plans parallèles, deviennent ondulés, contournés et discontinus, donnant sur une section l'aspect de volutes et de spirales compliquées ; ainsi, peu à peu, le rubanement initial s'estompe et finit par disparaître totalement. La roche, dite « granite d'anataxie », prend l'aspect d'un granite dont un échantillon isolé ne saurait être distingué d'un granite provenant d'un batholithe tel que ceux des Pyrénées. Il faut remarquer toutefois que des massifs granitiques à contours nets existent aussi dans les régions de gneiss.

Ces relations étroites entre le gneiss et certains granites laissent entrevoir que ces deux types de roches peuvent avoir une certaine parenté d'origine, et elle nous conduit à examiner le problème *de la formation des schistes cristallins* pour comprendre le mode de formation et de mise en place des massifs granitiques appartenant au dernier type examiné.

La vieille théorie neptunienne de Werner, qui considérait à la fois les granites et les gneiss comme des dépôts des mers primitives très chaudes, ne saurait être acceptée de nos jours car elle ne permet pas de comprendre le passage latéral des gneiss aux granites. Toutes les études récentes des séries cristallophylliennes ont montré que ces formations dérivent généralement d'anciens sédiments normaux métamorphisés, on y rencontre souvent, en effet, des bancs de calcaires, des quartzites qui ont été peu transformés et parfois même des conglomérats à galets bien reconnaissables encore. Enfin, près de Bergen notamment, en Norvège, des fossiles du Silurien, encore déterminables, ont été trouvés dans les micaschistes.

Il ne semble pas douteux cependant que certains gneiss proviennent de la transformation d'anciennes roches éruptives sous l'action du métamorphisme.

Nous arrivons donc à la notion que la plupart des schistes cristallins sont d'anciens sédiments métamorphisés. Mais, au lieu de ne constituer que des zones étroites comme les auréoles de métamorphisme que nous avons signalées au contact de certains massifs de roches éruptives, les roches cristallophylliennes s'étendent sur des régions immenses de la surface du globe. Aussi on a donné le nom de métamorphisme général ou régional au phénomène qui leur a donné naissance.

Auguste Michel-Lévy avait admis que les auréoles de métamorphisme des massifs granitiques superficiels devaient s'élargir progressivement en profondeur, pour finir par se fusionner en une zone profonde continue de schistes cristallins.

Cette théorie peut paraître assez satisfaisante à première vue, mais elle se heurte à des objections sérieuses dont la plus importante est qu'il existe de vastes étendues de schistes cristallins dépourvues de toute intrusion granitique notable. Il a été nécessaire par suite d'imaginer d'autres hypothèses.

Pierre Termier proposa une théorie un peu différente : pour lui, des magmas profonds émettraient des vapeurs minéralisées, sortes de fumerolles, constituant ce qu'il a appelé des « *colonnes filtrantes* », qui pénétreraient à travers les sédiments en les métamorphisant, entraînant ainsi leur transformation en micashites, puis en gneiss. Les zones les plus profondes des gneiss, qui sont les plus chaudes, en même temps que soumises aux plus fortes pressions, auraient subi une véritable fusion, et le magma ainsi constitué aurait donné naissance au granite en se consolidant. Tel a été à peu de choses près également le point de vue exposé par Sederholm, géologue finlandais qui admit également que des vapeurs, ou « *ichors* », provenant de magmas profonds, se seraient mêlés aux sédiments, pour les transformer en schistes cristallins et en amener la fusion locale pour former des granites.

Certains géologues français sont arrivés à la notion que les schistes cristallins appartiennent à deux types bien distincts ; chez les uns, les colonnes filtrantes ou ichors n'auraient joué aucun rôle ou seulement un rôle accessoire, seules les conditions de pression et de température aux grandes profondeurs seraient intervenues pour provoquer le métamorphisme, il n'y aurait pas eu « apports » d'éléments chimiques nouveaux. Au contraire, les schistes cristallins, constitués par la montée des fumerolles d'origine profonde, auraient des caractères différents minéralogiquement ; ils auraient été enrichis en certains éléments par des apports chimiques. Nous n'insisterons pas plus sur cette distinction encore très controverses de nos jours, car il ne paraît guère douteux que des apports ont eu lieu dans roches volca-

Un géologue suisse, disciple de Seder- produits mann, fut amené par ses recherches en zone à mettre en doute la formation de certains ma granitiques par solidification d'un magma liqui et, de fait, si les sédiments ont pu se transform en gneiss sous l'action du métamorphisme sa qu'il y ait eu fusion, ce qui paraît indiscutabl il est normal d'admettre que le granite a pu, l aussi, se constituer par des recristallisations da un milieu solide sans fusion. Cette manière voir a fait des adeptes parmi les géologues a cours de ces dernières années, toutefois le process même de la transformation des roches sédime taires ou des schistes cristallins en granite est di cuté : pour certains, les apports se seraient effe tués sous forme de solutions aqueuses principal ment, pour d'autres sous forme de solutions da des solvants dans la phase supercritique qui pe entraîner de fortes proportions d'éléments dissous enfin, récemment, M. Roubault et R. Perrin o fait intervenir comme facteur essentiel la diff sion dans le solide, c'est-à-dire le déplaceme d'éléments à l'intérieur d'un solide sans qu'aucu fluide, gaz ou liquide, intervienne.

Cette notion de déplacement d'éléments solide dans un solide ne nous est pas familière, et so mécanisme est encore hypothétique bien que de expériences semblent en prouver la réalité. Il es toutefois permis de se demander si un tel pr cessus a pu se réaliser dans la nature sur des di tances considérables et jusqu'à faible distance d la surface du globe.

Quoi qu'il en soit, il paraît très vraisemblabl que certains massifs granitiques se soient const tués à l'état solide, à partir de schistes cristallin sans jamais avoir subi de véritable fusion. Rema quons toutefois qu'aux profondeurs où ces phén mènes ont dû se produire, les conditions physique de température et de pression sont telles que l notions de solide et de liquide telles que nous l concevons n'ont vraisemblablement plus de sen

Ainsi nous arrivons à la conclusion, assez su prenante, qu'il existerait à la surface du globe deu sortes de granites d'origines bien différentes, l uns provenant indiscutablement de la solidific tion de magmas, nous en avons vu des exemple les autres, au contraire, dérivant d'une transfo mation progressive des sédiments, par un mét morphisme poussé très loin, sans qu'à aucun m ment il y ait eu fusion.

Il faut aussi noter un fait important pour di cuter la genèse de ces roches. Les granites, d'apr leur constitution minéralogique, se seraient fo més à des températures comprises entre 375° 600°, soit approximativement aux environs 500°, et cependant la plupart des granites ont p

naissance à de grandes profondeurs. Par contre, les roches volcaniques acides ou basiques sont dues à la solidification, à des températures beaucoup plus élevées pouvant atteindre 1.200°, de laves issues des volcans.

On arrive ainsi à ce paradoxe : ce sont les roches éruptives superficielles qui se constituent aux plus hautes températures, tandis que les roches éruptives profondes prennent naissance à des températures relativement basses.

A l'heure actuelle nous ne disposons que d'hypothèses pour expliquer ces anomalies apparentes. Seules de nombreuses observations sur la constitution et les gisements des roches éruptives, ainsi que des expériences de laboratoire utilisant les techniques les plus modernes pour réaliser de hautes températures et de hautes pressions, permettront de résoudre ces problèmes.

Bien des observations ont déjà été faites tant sur le terrain qu'au laboratoire, mais elles conduisent à des conclusions contradictoires. Ainsi Cloos donne de nombreux arguments tels que l'orientation des cristaux des batholithes granitiques, la disposition en couches ou zones stratifiées de roches constituant ces derniers, les déformations des roches encaissantes, etc., qui semblent témoigner en faveur de la mise en place des granites sous forme de magmas.

R. Perrin et M. Roubault, par contre, ont fait valoir d'autres arguments, notamment les variations dans l'ordre de cristallisation des éléments minéraux et la formation dans les roches encaissantes de minéraux identiques à ceux du granite, pour affirmer que les granites se sont constitués par un processus excluant tout phénomène de fusion.

En attendant que les résultats de nouvelles recherches permettent de choisir entre ces deux théories, diverses hypothèses ont été proposées pour expliquer les anomalies apparentes que nous avons exposées précédemment, relativement à la genèse des roches éruptives.

Pour certains auteurs, les roches grenues profondes se seraient formées probablement comme les roches d'épanchement superficielles, en cristallisant assez finement et pouvant même comporter un verre, mais avec une constitution minéralogique voisine de celle qu'elles présentent actuellement. Puis, quand ces roches se sont trouvées rapprochées de la surface du sol par suite de l'érosion ou de plissements, les conditions du milieu se modifiant, une recristallisation totale aurait pu se produire, conduisant à la constitution de roches grenues, notamment à de véritables granites.

Les nouveaux éléments cristallins ainsi formés auraient pris naissance dans un milieu solide et à des températures notablement plus basses que celle de consolidation du magma initial.

Ainsi pourraient s'expliquer bien des anomalies, signalées précédemment, mais une telle interprétation, possible pour certains batholithes peu profonds, ne l'est pas en particulier pour les massifs granitiques à contours diffus passant aux gneiss. De plus, il est peu vraisemblable que tous les batholithes aient subi ces transformations qui n'auraient pas atteint les filons, les filons-couches et les anciennes coulées ensevelies sous d'épaisses accumulations de sédiments.

Une tentative d'explication des deux modes de mise en place des roches éruptives peut aussi être cherchée dans une dualité d'origine possible de ces roches.

Les géophysiciens modernes, et avec eux la plupart des géologues, admettent que le globe comporte dans sa partie superficielle une zone peu épaisse, inégale d'ailleurs et probablement discontinue, formée de roches relativement légères dont les constituants essentiels sont la silice et l'alumine, d'où le nom de *sial* qui leur a été donné. Cette zone de sial repose sur une zone plus profonde constituée par des roches plus denses, plus pauvres aussi en silice, mais dont les éléments caractéristiques sont néanmoins la silice et la magnésie On lui donne le nom de *sima* pour cette raison.

Il paraît vraisemblable de nos jours que ces deux zones sont normalement solides, mais il est possible que, par suite de décompressions ou de phénomènes de désintégration atomique localisés, des liquéfactions se produisent dans certaines régions, surtout dans le sima. Les magmas qui prennent ainsi naissance tendraient à monter vers la surface du sol sous l'action de fortes pressions qui règnent à l'intérieur du globe. Ces magmas d'origine profonde, présentant en général une composition de basalte, s'élèveraient à la faveur de fissures ou de failles et viendraient donner naissance à des intrusions plus ou moins profondes, en particulier à des laccolithes, puis enfin à des volcans à la surface du sol. Au cours de leur ascension, ces magmas auraient pu digérer et assimiler une certaine proportion de roches plus acides, ce qui aurait entraîné des modifications notables dans leur composition. Par différenciation magmatique on conçoit que les massifs intrusifs ainsi constitués puissent comporter de véritables granites associés à des roches basiques.

Mais, à côté de telles intrusions magmatiques provenant du sima, on peut concevoir, avec P. Termier et Sederholm, que d'autres peuvent provenir de zones de fusion localisées dans le sial, provoquées peut-être par des fumerolles provenant de la profondeur, mais sans intervention directe du magma issu du sima. Ces roches fondues auraient

pu donner naissance ultérieurement à des massifs de granites d'anatexie, mais aussi, par injection sous pression dans les terrains plus superficiels, à des intrusions variées, batholithes, laccolithes, filons ayant pu s'élever jusqu'au voisinage de la surface du sol. Il semble toutefois que ces magmas provenant de la fusion du sial, n'auraient donné naissance que dans des cas très exceptionnels, à des épanchements superficiels.

Les caractères distinctifs de ces deux types de manifestations éruptives ont été définis et précisés par H. Cloos et Rittmann. Le premier type mettant en jeu des magmas dérivant du sima, mais plus ou moins modifiés au cours de la traversée du sial, caractériserait les régions stables de la surface du globe, où il ne se produit plus de plissements intenses, ou encore dans des chaînes plissées en voie de formation, mais seulement au cours des périodes de diastrophisme.

Au contraire, le second type de manifestations éruptives ayant son origine dans la zone de sial, où prendraient naissance des magmas acides nommés « *migmas* » par Cloos, accompagnerait exclusivement les phases de plissements intenses des chaînes plissées.

Ni Cloos ni Rittmann toutefois ne paraissent envisager la possibilité de la genèse de roches éruptives autrement que par la cristallisation d'un magma fondu. Les résultats des recherches sur la structure des intrusions granitiques, notamment sur l'orientation des éléments cristallins qui les constituent ne leur semblent pas compatibles avec une genèse à l'état solide.

Il paraît cependant difficile de réfuter les arguments donnés par les partisans de cette dernière origine pour certains massifs granitiques, mais il semble que seuls les batholithes dérivant du sial peuvent avoir pris ainsi naissance, sans passer par une phase liquide, par recristallisation d'anciennes roches de natures différentes et le plus souvent de gneiss.

En définitive, on peut admettre que les massifs granitiques profonds associés aux séries cristallophylliennes et dérivant du sial, n'ont jamais été fondus, tandis que lès intrusions constituées par des roches plus basiques ou par des associations de roches basiques et de roches acides, proviennent de la cristallisation de magmas fondus, issus du sima, mais modifiés plus ou moins par l'assimilation de sial au cours de leur ascension. Ce sont ces magmas qui donneraient seuls naissance à des volcans.

Une telle hypothèse ne résoud toutefois pas entièrement le problème de la mise en place des roches éruptives. Il existe, en effet, dans des formations sédimentaires, parfois très récentes, à peine métamorphisées, des batholithes entièremen granitiques que la plupart des géologues consi dèrent comme des expansions ou des apophyses de massifs d'anatexie plus profonds. Notre théori voudrait que ces granites aient aussi pris naissanc par une simple transformation sur place de l roche sédimentaire préexistante, mais il est diffi cile de concevoir comment une telle évolution quel que soit son mécanisme, aurait pu s'accompli dans une zone nettement circonscrite, sans tran sition appréciable entre le granite franc et la roch sédimentaire encaissante. Enfin la genèse des filon granitiques est encore plus difficile à concevoi autrement que par solidification d'un magma.

De quelque manière que nous retournions l problème dont nous cherchons la solution, aucun hypothèse ne permet d'échapper à la nécessit d'admettre que certaines roches éruptives, tout a moins les granites, se sont constitués, tantôt pa solidification d'un magma, tantôt par simpl recristallisation, en présence d'apports chimiques d'une roche préexistante. Une telle différenc d'origine devrait se traduire dans la compositio minéralogique et les caractères structuraux de roches, mais jusqu'ici ces différences n'ont pa encore pu être mises en évidence.

Nous aurions pu examiner ensemble beaucou d'autres problèmes concernant la formation de roches qui constituent notre globe et dont l'inté rêt ne le cède en rien à celui qui a retenu notr attention, mais il m'a paru préférable, ne pouvan les examiner tous, de choisir pour mon expos une question à laquelle il n'a pas encore été possibl de répondre d'une manière satisfaisante, vou montrant ainsi que, contrairement à ce que cer tains ont affirmé, la géologie n'est pas une scienc finie. Bien des problèmes relatifs aux sciences d la terre restent à résoudre.

En terminant ce cycle de conférences il n'es pas sans intérêt de jeter un coup d'œil d'ensembl sur les divers sujets qui vous ont été exposés af de mettre en évidence leur liaison étroite.

M. Joliot-Curie vous a décrit la constitutio des atomes. M. Wyart vous a montré comment le les atomes peuvent se grouper pour former de molécules et des réseaux cristallins caractérisar les divers minéraux. Puis M. Orcel vous a expos comment ces minéraux se groupent pour constitue les roches, en même temps que les méthodes qu permettent de déterminer la nature de ces min raux. Enfin, j'ai cherché moi-même aujourd'hu à vous montrer comment certaines roches qui pa ticipent à la constitution de notre globe ont p prendre naissance.

Poursuivant plus loin encore notre enquêt il aurait été possible, dans une dernière conf

rence, d'examiner devant vous les caractères des astres et de leurs groupements qui constituent l'Univers, afin de vous montrer les analogies qui existent entre les deux infinis. Je souhaite qu'il soit possible prochainement de trouver un conférencier qui viendra devant vous combler cette lacune.

L. BARRABÉ,
Professeur à la Faculté des Sciences de Paris.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 23 juillet 1945

G. Julia : *Les symétries dans l'espace hilbertien.* — **G. Choquet** : *Résolution du problème de M. Fréchet sur la paramétrisation d'arcs doués de tangentes. Généralisation aux variétés à plusieurs dimensions. Paramétrages intrinsèques.* — **R. Silber** : *Sur la limitation de la quantité de mouvement et son effet sur la sustentation des ailes d'avions.* — **A. Dauvillier** : *Observation de l'éclipse totale de Soleil du 9 juillet* 1945 : Résultats des observations effectuées du phare de Bjurö Klubb (lat. 64°29′ N, long. 21° 35′ E. Gr.) sur la structure de la couronne solaire. — **E. Schatzman** : *Etude de 40 Eridani B* : Calcul de la température (14,4. 10^6 degrés) et du rayon. — **D. Chalonge** et **V. Kourganoff**. — *Opacité de la photosphère solaire et spectre de l'ion négatif hydrogène.* — Mlle **J. Viard** : *Sur les intégrales premières en mécanique ondulatoire.* — **B. Kwal** : *Le principe fondamental de la mécanique ondulatoire relativiste et les équations d'ondes associées au moment de la quantité de mouvement.* — **L. Dunoyer** : *Sur la relation entre la conductivité des couches minces d'aluminium déposées sur verre par évaporation thermique et leur transparence.* — **J. Byé** : *Méthode d'étude potentiométrique d'un équilibre complexe.* — **C. Courtot** et **J. Develotte** : *Sur la préparation et les propriétés physiques et chimiques du benzsélénazole.* — **P. Anziani** et **R. Cornubert** : *Préparation des α-méthylcyclohexylamines stéréoisomères et action de l'acide nitreux sur ces dernières.* — **R. Jacquemain** et **P. Galliot** : *Sur un cas d'existence d'empêchement stérique explicable par l'hypothèse de Sachse.* — **M. Lefèbvre** et **C. Georgiadis** : *Dosage direct de l'oxygène dans les houilles. Rapports entre l'indice de matières volatiles et la teneur en oxygène d'une part et quelques propriétés fondamentales des houilles d'autre part.* — **G. Choubert** : *Sur les laves précambriennes de l'Anti-Atlas* : Existence dans le socle du massif du Sorina de laves indubitablement précambrienne et distinctes des laves du Géorgien inférieur déjà connues. — **J. Ricour** : *Sur la localisation des lentilles de houilles dans le Keuper moyen de Lorraine :* Nature de la couche de houille et des terrains encaissants, détection des lentilles de houille par des observations géologiques de surface. — **R. Lemesle** : *Les ponctuations aréolés des fibres des genres Schizandra L, Kadoura J, Illicium L et leurs rapports avec la phylogénie.* — Mlle **A. Dusseau** : *Les effets de la tétraploïdie chez le Sorgho sucrier* : Il y a un net accroissement de la teneur en sucre chez les plants tétraploïdes. — **L. Maume** et **J. Dulac** : *Carence potassique chez la Vigne décelée par le contrôle chimique de la feuille avant l'apparition de la brunissure.* — **C. Jaulmes** et **A. Richard** : *Contribution à l'étude expérimentale du choc. Influence de la température extérieure et de l'anesthésie.* — **G. Mocquot** : *Etude sur l'eau des caillés de fromagerie (phosphocaséinates de calcium) et son comportement vis-à-vis de quelques substances non électrolytes.* — **J. Tabone** et Mme **C. Magis** : *De la présence des substances diazotables dans les extraits aqueux de muscle et leurs hydrolysats.* — **R. Hovasse** : *Endosymbiose bactérienne et astomie chez les Ciliés.* — **C. Levaditi** et **A. Vaisman** : *Mode d'action de la pénicilline* in vitro : Mise en évidence d'une certaine analogie entre le phénomène de l'hémolyse et celui de la lyse pénicillinique.

Séance du 30 juillet 1945

A. Chevalier et **R. Potier de la Varde** : *Le premier peuplement végétal sur le sol nu des sapes et trous d'obus aux environs de Leningrad* : Ce premier peuplement comporte des mousses, des hépatiques ainsi qu'une composée adventice, Matricaria matricarioïdes (Less.) Porter. — **A. Policard** : *Modifications histochimiques dans les tissus pulmonaires au voisinage des particules minérales* : Actions chimiques dans les lésions observables dans les pneumoconioses. — Mlle **J. Ferrand** : *Sur la déformation analytique d'un domaine.* — **R. Godement** : *Sur les propriétés ergodiques des fonctions de type positif.* — **J. Loiseleur** : *Titrage conductimétrique simultané des deux groupes fonctionnels des acides aminés.* — **G. Emschwiller** :

Théorie du potentiel d'oxydoréduction des systèmes réversibles et des systèmes irréversibles. — Mme **A. Pullman** : *Sur une relation entre les répartitions des charges électroniques et le pouvoir cancérigène d'une certaine classe d'hydrocarbure* : Caractères des régions méso-phénanthréniques dont l'existence caractérise les carbures cancérigènes. — **B. Bogitch** : *Sur une méthode d'homogénéisation des métaux en cours de solidification* : Résultats de l'emploi d'une méthode de vibration appliquée aux alliages des métaux facilement fusibles. — **R. Viallard** : *Sur la fixation de l'hydrogène et du deutérium par le cérium.* — **J. Guilhot** : *Action de l'amino-azobenzène sur les aldéhydes et les cétones.* — **Y. Volmar** et **G. Gœttelmann** : *Sur quelques complexes formés par l'anhydride antimonieux avec les acides phénols.* — **J. Garrido** : *Existence de spectres interdits sur les diagrammes de rayons X du diaspore.* — **N. Stoyko** : *Sur la détermination du terme du jour lunaire dans l'attraction luni-solaire* : Influence du terme du jour lunaire sur la correction de pendule. — **R. Portères** : *Sur la ségrégation géographique des gênes de l'Oryza glaberrima Stendel dans l'Ouest africain et sur les centres de culture de cette espèce.* — **F. Stutinsky** : *Etude de la mélanocinèse chez la Grenouille à l'aide d'une cellule photoélectrique. Action de l'intermédine chez la Grenouille normale.*

Séance du 6 août 1945

C. Mauguin: : *Notice nécrologique sur Wladimir Vernadsky.* — **L. Binet** et Mlle **Bochet** : *De l'adaptation à l'hyperoxie* : Etude du mécanisme de l'action tonique de l'oxygène et des facteurs d'adaptation à l'hyperoxie. — **G. Ramon, R. Richou** et **P. Ramon** : *Culture du B. subtilis en milieu de composition chimique définie, en vue de la production et de l'extraction du principe antagoniste des bactéries pathogènes et des toxines microbiennes.* — **M. Hirsovies** : *Résolution d'équations différentielles linéaires par un procédé de corrections successives.* — **J. Bass, G. Debedant** et **P. Wehrlé** : *Les équations différentielles aléatoires.* — **E. Brun** et **M. Vasseur** : *Remarques sur les méthodes expérimentales, fondées sur la mise en suspension de corpuscules solides dans les courants fluides.* — Mme **M.-A. Tonnelat** : *Sur une représentation à cinq dimensions des équations des particules de spin* 1 *et* 2. — **O.-C. de Beauregard** : *Définition et interprétation d'un nouveau tenseur élastique et d'une nouvelle densité de couple en électromagnétisme des milieux polarisés.* — **Tsien San-Tsiang** et **C. Marty** : *Sur l'existence des rayons γ de très faibles énergies du radium D.* — **P. Brasseur** : *Les réactions en phases solides. Préparation des sous-sels.* — **M. Casteras** : *Sur la structure du chaînon de Saint-Chinian (Hérault)* : Précision sur la structure des deux extrémités du chaînon — **G. Choubert** : *Sur l'existence dans le Sud marocain de rhyolites contemporaines de la transgression géorgienne.* — Mlle **M. David** : *Action de la colchicine et de l'acénaphtène sur la spermatogenèse des Orthoptères du genre Stauroderus Boh* : La colchicine et l'acenaphtène permettent chez les animaux de même que chez les végétaux d'obtenir des cellules géantes et polyploïdes et en particulier d'obtenir des spermatozoïdes polyploïdes et bien constitués. — **J. Renaud** et **M. Lachaux** : *Recherches sur la formation de lactoflavine à partir de l'Eremothecium Ashbyii. Influence des constituants du milieu sur la production du pigment.* — **L. Vaugien** : *Sur les facteurs du comportement reproducteur du Serin, Serinus canaria L. : éclairement, nid, rapprochement des sexes* : La condition primordiale de toute activité génitale est l'éclairement. — Mme **J. Blass** et **M. Macheboeuf** : *Sur l'existence dans les vibrions cholériques, d'amino-acides nouveaux extractibles par l'acétone et par l'alcool méthylique. Identification de l'un d'eux, l'acide aminoadipique.* — **E. Aubel, A. v. Rosenberg** et Mlle **M. Crumberg** : *Au sujet du potentiel d'oxydoréduction limite de croissance des Bactéries anaérobies.*

Séance du 13 août 1945

H. Deslandres : *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Etude des protides. Résumé bref des résultats principaux sur le rayonnement des molécules.* — **L. Binet** et **M. Burstein** : *Sur une nouvelle méthode de perfusion avec du sang circulant. Techniques. Applications.* — **H. Muraour** : *Observations au sujet des phénomènes lumineux et calorifiques qui accompagnent la détonation de la bombe atomique* : Importance relative des effets de l'onde de choc. — **R. Daudee** et Mme **A. Pullman** : *Sur la réactivité des molécules organiques.* — **Buu-Hoï** : *Contribution à l'étude des substances antibactériennes de synthèse* : Le dichloro-salicile possède un pouvoir antibactérien intense vis-à-vis du staphylocoque supérieur à celui du dibromo-salicile de Kuhn et laissant loin derrière lui celui des divers sulfamides. — **P. Baudart** : *Synthèses totales d'acides gras trihydroxyles et de lactones macrocycliques éthyléniques.* — **P. Desnuelles** et Mlle **S. Antonin** : *Sur l'action du periodate de sodium sur l'albumine d'œuf et la gélatine.*

Séance du 20 août 1945

R. Souèges : *Embryogénie des Portulacacées. Développement de l'embryon chez le Claytonia per-*

nn. — **L. Binet** et **M. Burstein** : *Sur actions vasculaires d'adaptation au cours de ragie expérimentale* : Même une hémorragie aible volume détermine une vaso-constriction ériphérique intense qui s'exprime par un resserment marqué des vaisseaux du membre perfusé. - **G. Ramon** et **R. Richou** : *De l'influence de la aleur sur les propriétés antagonistes des filtrats B. Subtilis à l'égard des bactéries pathogènes et s toxines microbiennes.* — **M.-P. Schützenerger** : *Sur certains axiomes de la théorie des strucres.* — **T. Motzkin** : *Sur l'équation irréductible* $+a_1 Z^{n-1} + \ldots + A^n = 0, n > 1$, *à coefficients mplexes entiers dont toutes les racines sont sur ie droite. Les* 11 *classes de droites admissibles.* — **Kaloujnine** : *Sur les p-groupes de Sylow du oupe symétrique du degré* p^m. — **L. Malavard** : *alculateur d'ailes et réseaux de résistances linéaires uvant remplacer dans certaines questions le bassin ectrique.* — **R. Silber** : *Sur la répartition des essions sur une aile.* — **J. Legras** : *Généralisam de la théorie du segment portant au cas de l'aile dérive.* — **O.-C. de Beauregard** : *Extension une théorie de M. J. de Neumann au cas des procteurs non commutables.* — Mlle **Y. Cauchois** et **Manesco** : *Spectres L et niveaux caractéristiques l'iridium.* — **P. Chanson, A. Ertaud** et **C. agnan** : *Détermination des éléments du premier dre des lentilles électrostatiques symétriques.* — lle **L. Couture** : *Etude théorique et expérimentale spectre de Raman de la dolomie.* — **R. Hocart** Mlle **A. Mathieu-Sicaud** : *Examen du polyorphisme du nitrate d'ammonium au moyen d'accoments sur le mica muscovite.* — **L. Royer** : *Au jet d'une précipitation de carbonate de calcium servée dans la Mer Morte* : Explication de la prépitation du 25 août 1943 pendant laquelle plus un million de tonnes de carbonate de calcium istallisé, s'est trouvé mélangé à la masse d'eau la Mer Morte. — **P. Lapadie-Horgues** et **A. ivière** : *Sur l'interprétation des apports dans les ries métamorphiques et l'origine des injections gmatitiques.* — **R. Godet** : *Sur les hydratides du ictus génital mâle chez Talpa Europxa L.*

Séance du 27 août 1945

R. Barthélémy : *Contribution à la théorie de conoscope.* — Mme **A. Pullman** et **R. Daudel** : *ur le calcul des poids des structures électromères.* - **G. Choubert** : *Sur le précambrien marocain.*

Séance du 3 septembre 1945

M. de Broglie : *Notice nécrologique sur Blas abrera.* — **C. Bertrand** : *Découverte d'une nova ns la constellation de l'aigle.* — **O. Costa de Beauregard** : *Sur la théorie des grandeurs non simultanément mesurables.* — **M. Parodi** : *Propagation sur un câble comportant seulement de la résistance et de la capacité, ces paramètres étant fonctions de l'espace et satisfaisant à certaines relations.* — **M. Patry** et **P. Monceaux** : *Sur la synthèse du méthanal par oxydation ménagée du méthanol par l'air à la pression atmosphérique. Caractères expérimentaux de la réaction globale.* — **R. Hocart** et Mlle **A. Mathieu-Sicaud** : *Sur un facteur de stabilisation dans le polymorphisme du nitrate d'ammonium.* — Mlle **E. Théret-Gaillard** : *Les modifications spontanées ou provoquées des sécrétions cutanées chez les Végétaux* : Les végétaux supérieurs présentent une sécrétion cutanée lipoïdique, hydrique ou mixte analogue à celle des animaux, cette sécrétion subit de grandes variations suivant les conditions auxquelles sont soumises les plantes et en particulier des variations saisonnières.

Séance du 10 *septembre* 1945

G. Julia : *Décomposition des opérateurs unitaires ou isométriques en produit de symétries.* — **C. Blaringhem** et Mlle **G. Chevalier** : *Altération du développement et de la maturation du Zea Mays var. polysperma par l'action de la colchicine.* — **G. Ramon, R. Richou** et **P. Ramon** : *Sur la vitesse de l'action destructive des filtrats de culture de B. Subtilis sur les toxines microbiennes à différentes températures.* — **A. Charrueau** : *Sur des congruences de droites déduites d'une même surface.* — **R. Garnier** : *Sur le problème de Riemann-Hilbert.* — **E. Callandreau** : *Sur la plaque circulaire encastrée à appui intermédiaire.* — **G. Couchet** : *Sur les mouvements plans, non stationnaires, à circulation constante.* — **L. Servanty** : *Sur une forme de solution générale de l'équation hodographique de l'écoulement plan d'un fluide compressible, utilisant les fonctions analytiques.* — **R. Siestrunck** : *Sur les corrections de parois dans les essais d'hélices.* — Mme **P. Destouches-Février** : *Logique adaptée aux théories quantiques.* — **S. Teszner** : *Sur la tension d'étincelle en très haute fréquence.* — **E. Darmois** : *Mobilité et hydratation des ions ; viscosité des solutions salines* : La formule de Stokes s'applique aux ions hydratés. Théorie de la viscosité des solutions salines interprétant les résultats expérimentaux. — **J. Jacques** et **J.-P. Mathieu** : *Rôle de la constante diélectrique dans la chromatographie par élation fractionnée.* — **A. Fournier** : *La théorie des molécules encagées et la conductibilité thermique des liquides.* — **M. Bernard** : *Action du carbure de calcium sur les chlorures et les fluorures alcalinoterreux.* — Mme **A. Pullman** et **R. Daudel** : *Une théorie quantique de l'hydrogénation des molécules*

aromatiques : l'hypothèse d'addition des molécules sur les liaisons très chargées et de fixation des atomes libres que sur les sommets actifs permet d'obtenir un bon accord avec les faits expérimentaux. — **M. Patry** et **P. Manceaux** : *Sur la synthèse du méthanal par oxydation ménagée du méthane par l'air à la pression atmosphérique. Destruction du méthanal et interprétation des caractères expérimentaux de la réaction globale.* — **H. Lefebvre** et **E. Levas** : *Alcoylation directe du phénol par le cyclohexène à basse température en présence de fluorure de bore. Réarrangement des oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle.* — **J. Bourcart** : *Sur l'existence de la craie blanche, en place, dans l'Aber de Roscoff (Finistère).* — **H. Jacques-Félix** : *Sur la présence au Cameroun d'un genre Sud-africain de Pedaliaceae.* — **Raymond-Hamet** : *Sur un alcaloïde des quinquinas n'appartenant pas au type quonolyl-quinuclidique* : Preuve de la nature indolique de l'aricine. — **A. Demolon** et **A. Dunez** : *Observations sur l'écologie du Rhizobium leguminosarum (Bact. radicicola).* — **J. Jacquet** : *Nouvelle extension de la spartine de Townsend dans la baie du Mont Saint-Michel.* — Mme **J. Blass** et **M. Machebœuf** : *Sur l'existence d'un acide aminohydroxyadipidique dans les vibrions cholériques.* — **Nguyen van Thoai** : *Sur l'action synthétisante de l'émulsine des amandes douces* in vitro *et sur son activateur naturel.*

Séance du 17 septembre 1945

G. Julia : *Sur deux propriétés des matrices infinies hermitiennes positives.* — **R. Souèges** : *Embryogénie des Caryophyllacées. Développement de l'embryon chez l'Arenaria serpyllifolia L.* — **L. Blaringhem** : *Fleurs doubles par variation de bourgeons. Mutation réversible de la Cardamine pratensis L. var. flore pleno.* — **F. Link** : *Exploration météorique de la haute atmosphère*: Adaptation de la théorie d'Opik sur la luminescence des météores.

Séance du 24 septembre 1945

J. Pérès et **L. Malavard** : *Sur la déterm[illegible] des corrections de soufflerie.* — **L. Blaringh[illegible]** *Plantes annuelles et plantes vivaces : Xenie des plantules.* — **J. de Lapparent** : *L'épisode du dépôt des argiles smectiques de l'Afrique du Nord.* — **M. Fréchet** : *La notion d'uniformité et les écarts abstraits.* — **G. Malécot** : *La diffusion des gênes dans une population mendélienne.* — **R. Siestrunck** : *Sur le calcul des hélices ventilateurs.* — **L. Escande** : *Application de la méthode des différences finies au calcul des chambres d'équilibre déversantes à section constantes.* — **P. Jolivet** : *Sur la recherche de la force électromotrice des machines électrostatiques* : Les machines électrostatiques sont dépourvues de force électromotrice. — **E. Durand** : *Sur l'identité des séries de potentiels et des formules de Liénard-Wiechert.* — **A. Colombani** : *La modulation de fréquence appliquée à l'étude des susceptibilités magnétiques.* — **G. Valensi** : *Constante acidobasique et potentiel d'oxydoréduction de l'ion pentasulfuré.* — **H. Lefebvre** et **E. Levas** : *Mécanisme du réarrangement des oxydes de cyclohexyle et de phényle ou de crésyle, et de l'alcoylation des phénols pour le cyclohexène en présence de fluorure de bore.* — **J. Bourcart** : *Sédiments quaternaires conservés sur la grève de la région de Roscoff (Finistère).* — **J. Laigret** : *Fermentation méthanique due au bacille perfringens ; rôle catalyseur de l'iode au cours de cette fermentation* : Le bacille perfringens permet d'obtenir à partir des végétaux des rendements en gaz combustibles aussi intéressants que ceux que l'industrie obtient de la distillation du charbon. — **A.-C. Hollande** : *Lyse massive des bacilles de Koch chez le cobaye après traitement à la clitocybine. Pouvoir inhibiteur de ce produit vis-à-vis du bacille typhique, du colibacille, de Brucella abortus* : Action toxique et antimicrobienne d'un principe actif extrait du Champignon Clitocybe (Aspropaxillus) gigantea. Observations de lyse, massive du bacille de Koch très virulent chez le cobaye tuberculisé ayant subi un traitement à la clitocybine.

Le Gérant : G. DOIN. 6-1947. Imprimerie BÉDU, à St-Amand (Cher) O.P.L. n° 31.1293
Dépôts légaux : 2e trimestre 1947 : d'Editeur, n° 28 ; d'Imprimeur, n° 378